ÜBER DOPPELTE BRECHUNG

UND DAVON

ABHÄNGIGE POLARISATION DES LICHTES IM MENSCHLICHEN AUGE.

VON KARL STELLWAG VON CARION,
Dr. DER MEDICIN UND CHIRURGIE.

(Tafel I — III.)

(VORGELEGT IN DER SITZUNG DER MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN CLASSE AM XXVIII. NOVEMBER MDCCCLI.)

Es gibt gewisse Verhältnisse, unter denen derselbe Gegenstand mit Einem Auge doppelt oder mehrfach gesehen wird, eine Erscheinung, die schon seit langer Zeit bekannt ist, und mit dem Namen „*Diplopia* und ***Polyopia monocularis, Monodiplopia, Monopolyopia***, Doppelt- und Mehrfachsehen mit Einem Auge" bezeichnet wird.

Leider konnte dieses so sonderbare Phänomen bei den überaus mangelhaften physikalischen Kenntnissen der Augenärzte älterer Schule wenig oder gar kein Interesse erwecken, und dieses um so mehr, als die auf diesem Mangel beruhende Unzulänglichkeit der in Gebrauch stehenden Untersuchungsmethoden es unmöglich machte, sich von der Häufigkeit des Übels zu überzeugen.

Prevost hat der Erste die allenthalben als Krankheit geschilderte ***Diplopia monocularis*** wissenschaftlich bearbeitet. Später erschienen Bearbeitungen von Steifensand (Gräfe's und Walther's Journal, 23. Band) von Szokalski (in einer eigenen Dissertation und in der Prager Vierteljahrschrift 14. Band) von Decondé (Cuniers Annales d'oculistique, 9. Band), nicht zu gedenken der in der letzten Zeitschrift enthaltenen Discussionen und kleineren Abhandlungen von Heyfelder, Dugniolle, Fallot, Szokalski, Cunier, Guepin etc. In wie weit durch diese Aufsätze die Kenntniss des fraglichen Gegenstandes gefördert wurde, lässt sich erst später erörtern, nachdem nämlich die Erscheinungen bei der mehrfachen Wahrnehmung Eines Gesichtsobjectes möglichst erschöpfend vorgeführt worden sind. —

Die Wahrnehmung eines oder mehrerer falscher Bilder neben dem wahren ist Sache subjectiver Empfindung, Erfahrungen, welche an fremden Personen gemacht werden, müssen daher um so mangelhafter bleiben, je weniger geübt das der Untersuchung unterworfene Individuum im Experimentiren

ist, je unvollkommener seine Mittheilungsgabe ist, und je weniger dasselbe Wiederholungen der nicht selten sehr anstrengenden Versuche ertragen will und kann. Ich glaube demnach am zweckdienlichsten zu verfahren, wenn ich die an mir selbst gemachten und unzähligemale wiederholten Experimente detaillirt vorausschicke, und nach Mittheilung der von mir und von Andern an fremden Personen gemachten Beobachtungen das Übereinstimmende und Widersprechende in sämmtlichen Angaben hervorhebe, um so eine Reihe von Thatsachen zu gewinnen, auf deren Combination als auf einer stabilen Grundlage der Versuch einer wissenschaftlichen Erklärung und deren Begründung gebaut werden kann.

I. Eigene Erfahrungen.

Ich habe alle Ursache mich eines vortrefflichen Accommodationsvermögens in beiden Augen zu rühmen, nur bemerke ich, dass seit zwei Jahren, nach jedweder Anstrengung der Augen am Mikroskope, durch mehrere Stunden Kurzsichtigkeit beider Augen vorhanden sei, ein Zustand, der jedoch stets wieder verschwindet, wenn das angestrengte Auge durch Ruhe sich erholt. Diese vorübergehende Kurzsichtigkeit ist stets mit Diplopie, und nach besonders intensiven mikroskopischen Arbeiten mit Triplopie des linken, bei dem Mikroskopiren nicht verwendeten, Auges vergesellschaftet. Ich verabsäume seit einem Jahre nun keine Gelegenheit, den Erscheinungen und Ursachen des Doppelt- und Mehrfachsehens nachzuspüren, und die nachfolgenden Blätter sollen es herausstellen, in wie weit mir es gelungen ist, diesen Zweck zu realisiren.

Als Gesichtsobject benütze ich halbe Quartblätter weissen Papieres, auf deren jedem vier $1^{1}/_{2}''$ lange und $1'''$ breite Streifen von schwarzer, rother, grüner, gelber, blauer oder violetter Farbe in Richtungen verzeichnet sind, wie sie Fig. I zeigt. Die Papierblätter werden bei jedem Versuche so befestigt, dass das Licht von der Seite her auf das Object und das diplopische Auge fällt, und ich mich beliebig in einer geraden Richtung dem Objecte nähern und mich von demselben entfernen kann, wobei jeder Zeit die Distanz des Auges von dem Papierblatte mittelst eines Zollstabes gemessen wird.

Das Phänomen des Doppelt- und Dreifachsehens tritt, wie gesagt, nur ein, wenn ich meine Augen durch mikroskopische Arbeiten angestrengt, und dadurch vorübergehend kurzsichtig gemacht habe. Die falschen Bilder sind dann um so schärfer und deutlicher, sie sondern sich bei geringen Distanzen des Objectes desto leichter von dem wahren Bilde, und treten um so mehr von letzterem ab, je grösser und anhaltender die Anstrengung des Auges war. Mit der Abnahme der Myopie werden auch die falschen Bilder minder deutlich, lichtschwächer, sie treten schwerer und nur bei verhältnissmässig grösseren Entfernungen der Objecte aus einander, und die Zwischenräume zwischen dem wahren und falschen Bilde werden bei einer gegebenen Entfernung desto kleiner, je mehr Gelegenheit dem Auge geboten wurde, sich auszuruhen. Doch braucht es nach grösserer Intention der Augen stets eine geraume Zeit, ehe die Diplopie gänzlich verschwunden ist. Selbst wenn das Auge schon völlig ausgeruht scheint, und sich bereits prompt für alle Entfernungen accommodirt, erscheinen die beiden schrägen und der quere Streif auf 8—12 Fuss Ferne doppelt, ich nehme über ihnen einen gleichfärbigen, obgleich viel lichtschwächern Streif wahr, der sich, wenn verhältnissmässig ich mich von dem Objecte entferne, von dem wahren Bilde abhebt, dabei immer lichtschwächer wird, in einen kaum merklichen Schatten sich auflöst, und bei 16 Fuss Ferne endlich gänzlich verschwindet. Nähere ich mich sodann wieder dem Objecte, so taucht das neblige Nebenbild wieder auf, nimmt bei weiterer Annäherung an Lichtstärke zu, fliesst aber bei 7 Fuss Distanz mit dem wahren Bilde zu Einem zusammen.

Ich lasse nun zum nähern Verständnisse eine detaillirte Beschreibung der Ergebnisse meiner vielfachen Untersuchungen folgen. Nach minder heftigen Anstrengungen des Auges durch mikroskopische Arbeiten erscheinen mir:

A. 1) bis auf 4 Fuss Distanz sämmtliche Streifen einfach, deutlich, klar und scharf begrenzt. 2) Über 4 Fuss Entfernung machen in der Wahrnehmung des senkrechten Streifens keinen merkbaren Unterschied, der wagerechte und beide schräge Streifen erscheinen aber merklich dicker und beiderseits mit einem Saume eingefasst, dessen Farbe je nach dem Colorite des objectiven Streifens eine verschiedene ist. Bei 6 Fuss Distanz haben die erwähnten drei Streifen bereits die doppelte Dicke erreicht, an Lichtstärke aber deutlich abgenommen, während der senkrechte Streifen noch keine Veränderung erkennen lässt. 3) Bei 7 Fuss Entfernung treten endlich die Doppelbilder des horizontalen und beider schrägen Streifen aus einander, sie liegen scheinbar gerade über einander, durch einen Zwischenraum getrennt, dessen Breite der Dicke des objectiven Streifens nahebei gleichkömmt und je nach der Farbe des letztern auch eine verschiedene Färbung zeigt. Diese Farbe ist aber gewöhnlich eine ganz verschiedene von der, welche der Saum zeigt, mit welchem die äusseren Ränder der beiden Doppelbilder eingefasst sind. (Fig. II.) An dem senkrechten Streifen lässt sich noch keine Veränderung wahrnehmen. 4) Bei 8 Fuss Distanz hat der Zwischenraum zwischen beiden Doppelbildern des wagerechten und der schrägen Streifen bereits das Doppelte der vorigen Dicke erreicht, er ist nicht mehr einfärbig, sondern durch Zwischenlegung eines weissen Streifens in drei Schichten getrennt, deren obere und untere farbig ist, und sich an die innern Ränder der Doppelbilder lehnt, gegen die Mitte des Zwischenraumes sich aber allmählich verwaschend in das Weiss des Papieres übergeht. Der senkrechte Streifen erscheint nach oben etwas verlängert durch Ansatz eines bei 2‴ langen, gleichfärbigen, lichtschwächeren Parallelogrammes, dessen kürzere Seiten der Breite des Objectivstreifens gleichkommen. (Fig. III.) 5) Bei 11 Fuss Distanz nehme ich den senkrechten Streifen ganz deutlich um den dritten Theil eines Zolles verlängert wahr. Der auf sein oberes Ende aufstehende Ansatz ist lichtschwächer, sonst aber in jeder Beziehung dem Bilde des objectiven Streifens analog. Die Doppelbilder des wagerechten und der schrägen Streifen haben auch an Lichtintensität abgenommen, die einander zugekehrten Ränder derselben sind farbig eingesäumt, die Farbe dieses Saumes ist verschieden von jener, welche die entgegengesetzten Ränder der Doppelbilder einsäumt, und beide Einsäumungen, sowie die Doppelbilder selbst, haben merklich an Lichtstärke abgenommen. Das Doppelbild des wagerechten Streifens liegt genau über dem wahren Bilde, so zwar dass jede Linie, welche zwei gleichnamige Punkte der beiden Bilder mit einander verbindet, eine vollkommen senkrechte Richtung hat, und $^1/_3''$ lang erscheint. Die Doppelbilder der beiden schrägen Streifen sind weniger als $^1/_3''$ von einander entfernt, und liegen zwar auch über einander, jedoch so, dass von dem nach links aufsteigenden schrägen Streifen das obere (falsche) Bild etwas nach links und oben vorzustehen scheint, während das untere (wahre) Bild weiter nach rechts und unten ragt. Ganz ähnlich verhalten sich die Doppelbilder des nach rechts aufsteigenden Streifens, nur reicht hier das obere Bild etwas weiter nach oben und rechts, das untere nach unten und links. Bei genauer Untersuchung findet man nun auch hier, dass jede gerade Linie, welche man sich in Gedanken durch zwei gleichnamige Punkte der Doppelbilder legt, eine senkrechte Richtung und eine Länge von $^1/_3$ Zoll habe. Vielfältige Experimente haben mich gelehrt, dass die Richtung dieser Linie bei jedem einzelnen Individuum eine constante, und mit der jeweiligen Lage der senkrechten Kopfaxe zusammenhängende sei, sie haben mich gelehrt, dass ihre Länge bei mir jederzeit mit dem Grade der, der Diplopie zu Grunde liegenden Anstrengung des Auges, und mit der Distanz der Objecte zu und abnehme. Spätere Erörterungen werden es herausstellen, dass ohne genaue Kenntniss dieser Linien eine wissenschaftliche Begründung der Lehre vom Doppelt- und Mehrfachsehen absolut unmöglich sei. Die Wichtigkeit dieser Linien bestimmt mich vorzüglich, um öfteren Wiederholungen auszuweichen, meinen Untersuchungen etwas vorzugreifen, und von jetzt an selber den Namen des „Hauptschnittes" beizulegen, eine Benennung, deren Rechtfertigung in dem Nachfolgenden enthalten ist. Unter „Hauptschnitt verstehe ich also in gegenwärtigem Aufsatze jede gerade Linie, welche je 2 einander

entsprechende Punkte der Doppelbilder mit einander verbindet. 6) Auf 15 Fuss Entfernung ist der gegenseitige Abstand beider Bilder auf $^1/_2$ Zoll Länge angewachsen. Der senkrechte Streifen erscheint um $^1/_2''$ verlängert, und sein falsches Bild fällt zu 2 Dritttheilen mit dem wahren Bilde zusammen, beide liegen in der senkrechten Richtung des Hauptschnittes und decken sich daher theilweise. Die Zusammensetzung des verlängerten Streifens aus zwei Bildern erweist sich sogleich, wenn der Kopf seitwärts geneigt wird, wo dann beide Bilder aus einander treten. Der wagrechte Streifen erscheint doppelt, die Doppelbilder sind beide vollkommen horizontal und stehen genau über einander, in der Entfernung eines halben Zolles. Die schrägen Streifen sind ebenfalls gedoppelt, die Entfernung der Doppelbilder scheint jedoch geringer, und sie liegen nicht gerade über einander, sondern die Ecken derselben erscheinen nach beiden Seiten hin etwas verschoben. Eine genaue Untersuchung lehrt jedoch, dass je zwei gleiche Punkte der Doppelbilder senkrecht über einander stehen und $^1/_2''$ von einander entfernt sind, sie zeigt, dass die Verschiebung und Annäherung der schrägen Doppelbilder eine nothwendige Folge der bestimmten Länge und senkrechten Richtung des Hauptschnittes sei (Fig. IV). — Übrigens sind die Färbungen der Doppelbilder noch lichtschwächer, als bei geringeren Distanzen, die Ränder sind mehr verwaschen, und die verschieden gefärbten Säume derselben sind ganz verschwunden. 7) Von dem Kreuze eines mässig hohen Kirchthurmes sehe ich den Querbalken doppelt, das Nebenbild ist um mehr als die doppelte Breite des Balkens von dem wahren Bilde entfernt, und der senkrechte Balken des Kreuzes ist um eben so viel nach aufwärts verlängert. Beide Bilder sind sehr lichtschwach mit verwaschenen Rändern ohne Farbensäume. Leider stehen mir genaue Masse der Grösse und Entfernung derartiger Gegenstände nicht zu Gebote. Sterne sehe ich stets einfach, mit einem vielstrahligen Kranze umgeben, den Mond doppelt und das Doppelbild um den halben scheinbaren Durchmesser des Mondes über dem wahren Bilde, so zwar, dass sich die Bilder zur Hälfte gegenseitig decken.

B. Sehr auffallend ist die oft wahrnehmbare Farbenveränderung der objectiven Streifen und die Färbung der, beide Doppelbilder zu beiden Seiten einfassenden Säume.

1) In einer Entfernung von vier Fuss erscheint der wagrechte und beide schräge Streifen, wie oben gesagt wurde, merklich dicker und farbig eingesäumt. Ich finde die schwarzen Streifen mohrengrau und nach oben und nach unten einen rothbraunen Saum, der die halbe Dicke des objectiven Streifens nicht überschreitet, und an dem, dem objectiven Streifen zugekehrten Theile am dunkelsten ist, von hier aus aber sich rasch ins gelbröthliche verwäscht, und ohne merkliche Grenze in die weisse Farbe des Papieres übergeht. Der senkrechte Streifen ist nicht verdickt, ohne Farbensaum, nur an seinem obern und am unteren Ende bemerke ich manchmal einen rothbräunlichen, lichtschwachen Schein. Der violette wagrechte und beide schräge Streifen erscheinen dunkelschwarzgrau, beiderseits orangegelb eingefasst, der senkrechte violette Streifen ist schwarz, oben und unten etwas blässer, mehr grau. Den blauen wagerechten und beide schräge Streifen sehe ich mohrengrau mit gelbröthlichen Säumen, den senkrechten blauen Streifen aber sehe ich fast schwarz, nach oben und unten graublau. Der saftgrüne wagrechte und die beiden schrägen Streifen erscheinen schön dunkelgrün mit gelben Randsäumen, der verticale Streif dunkelschwarz mit grünen ins Gelbe verwaschenen Enden. Die gelben Streifen erscheinen sämmtlich ohne alle verschiedenfarbige Säume. Von den scharlachrothen Streifen erscheint der wagrechte und die beiden schrägen dunkelrosenroth mit rothgelblichen Säumen, der senkrechte Streifen erscheint scharlachroth ohne anders gefärbte Enden. Der dunkelrothe wagrechte und beide schräge Streifen sind schwarzgrau mit gelben ins Röthliche stechenden Säumen, der senkrechte Streifen schwarz, oben und unten grau. 2) Bei sieben Fuss Entfernung treten die Doppelbilder des wagerechten und beider schrägen Streifen aus einander, sie werden durch einen Zwischenraum getrennt, dessen Breite der Dicke eines objectiven Streifens gleichkömmt, und bei schwarzen Objectivstreifen gesättigt blau, bei violetten himmelblau, bei indigoblauen lichtblau, bei grünen

Streifen lebhaft blaugrün, bei gelben gelblichweiss, bei scharlachrothen violett, bei dunkelrothen aber blau ist. Die einander entgegengesetzten Ränder der gedoppelten Bilder sind von den, in dem vorigen Nro. angegebenen Farbensäumen eingefasst. Bei den senkrechten Streifen ist wenig oder gar keine Veränderung bezüglich der dort angegebenen Verhältnisse bemerkbar. 3) Bei acht Fuss Entfernung treten die Doppelbilder des horizontalen und beider schrägen Streifen noch weiter auseinander, und auch der farbige Zwischenraum sondert sich in zwei Theile, in zwei Säume, deren unterer den obern Rand des untern Doppelbildes, der obere den untern Rand des obern Bildes einsäumt. Am Rande des Doppelbildes ist die Färbung am intensivsten, und verwäscht sich rasch gegen die Mittellinie des Zwischenraumes, so dass beide Säume durch einen weissen Streifen gegenseitig getrennt erscheinen. Eigentlich haben also die Doppelbilder der dunkel gefärbten Streifen am jedem Rande einen Farbensaum. Die Farbensäume der einander zugekehrten Ränder der Doppelbilder sind gleichfärbig, und eben so sind die entgegengesetzten Ränder mit gleichfärbigen Säumen eingefasst, der obere und untere Rand desselben Bildes ist aber stets verschieden gefärbt, wenn überhaupt Farbensäume wahrgenommen werden. 4) Bei weiteren Distanzen nehmen die Säume an Breite und Lichtstärke ab, bei 12—15 Fuss Ferne sind sie ganz verschwunden.

C. Der Hauptschnitt fällt bei übrigens gleichen Verhältnissen stets in die Richtung der senkrechten Axe des Kopfes, er ändert seine Lage in demselben Masse und in derselben Richtung als die verticale Kopfaxe ihre Stellung verändert. Es ist natürlich, dass unter solchen Umständen auch die relative Lagerung der Doppelbilder zu einander wechselt. Fig. V stellt die Doppelbilder in der Weise dar, in welcher sie mir bei Aufrecht-Stellung des Kopfes erscheinen. Neige ich bei einer Distanz von 15 Fuss von dem Objecte den Kopf nach rechts, so dass seine verticale Axe einen Winkel von 45° mit dem Horizonte bildet, so erscheint (Fig. VI) der senkrechte Streifen in zwei auf die beiden längeren Seiten des Papierblattes senkrechten Bildern, deren rechtseitiges mehr nach aufwärts, das linkseitige weiter nach abwärts reicht. Eine durch je zwei entsprechende Endpunkte der Doppelbilder gelegte Linie hat bei einer Länge von $1/2''$ eine 45° gegen den Horizont geneigte Richtung. Der horizontale Streifen erscheint in zwei mit den längeren Seiten des Papierblattes parallelen Bildern, deren oberes weiter nach rechts, das untere weiter nach links vorsteht, und zwar um so viel, dass wieder eine gerade Linie, welche zwei einander entsprechende Endpunkte des Doppelbildes verbindet, $1/2''$ lang und 45° gegen den Horizont geneigt ist. Der schräge nach rechts aufsteigende Streifen wird einfach gesehen, nach rechts um $1/2''$ verlängert. Der nach links aufsteigende Streifen jedoch wird in zwei Bildern gesehen, welche gerade über einander stehen, so dass durch geradlinige Verbindung der gleichnamigen Endpunkte ein Rechteck entstände, dessen kürzere Seiten $1/2''$ lang und alle vier Seiten 45° gegen den Horizont geneigt sind. Fig. VII zeigt die Doppelbilder, wie ich sie sehe bei horizontaler Stellung der Kopfaxe und nach rechts gerichtetem Scheitel, Fig. VIII bei einer Abweichung der senkrechten Kopfaxe von 45°, und Fig. IX bei einer Abweichung von 90°. Am besten lässt sich jedoch die stetige Übereinstimmung in der Richtung des Hauptschnittes der Doppelbilder mit der jeweiligen Lage der senkrechten Kopfaxe an einem auf ein weisses Papierblatt gezeichneten schwarzen Punkte von 1''' Durchmesser studiren. Dieser Punkt erscheint auf die Distanz von 15 Fuss in zwei senkrecht über einander liegenden Bildern, deren Mittelpunkte gegenseitig $1/2''$ von einander abstehen. In eben dem Masse, als ich nun den Kopf nach rechts oder links neige, bewegt sich das obere Bild in einem Kreisbogen nach rechts oder links, dessen Centrum das wahre, untere Bild, der Radius aber der Hauptschnitt und $1/2''$ lang ist. Je nach der grössern oder geringern Neigung des Kopfes kann ich demnach das falsche Bild verschieden grosse Kreisbögen von $1/2''$ Radius um das untere wahre Bild beschreiben machen. Sehe ich mit nach abwärts geneigtem Kopfe zwischen meinen Füssen hindurch auf das 15 Fuss entfernte Object, so erscheint es auch doppelt, das falsche Bild ist hier aber das dem Boden nähere, und dreht sich bei Seitwärtswendungen des

Kopfes, entsprechend den geringen Graden deren Ausführbarkeit, in Kreisbogen von $^1/_2''$ Radius um das obere Bild.

D. Sehr interessant ist das Schwanken des obern oder falschen Bildes, welches ich mitunter, nicht jedesmal, bemerke. Es gibt nämlich Tage, an welchen das falsche Bild in einer stetigen Oscillation begriffen ist, sich continuirlich in der Richtung des Hauptschnittes dem wahren Bilde nähert, und von demselben etwas entfernt. Diese Oscillation des falschen Bildes tritt besonders gern nach sehr intensiven Anstrengungen des Auges auf, und die Grösse der Excursionen scheint mit dem Grade der Ermüdung des Auges in gerader Proportion zu stehen, erreicht jedoch nie mehr, als die Länge von 1—2 Linien. Die Oscillationen machen kleine Pausen, während denen die beiden Doppelbilder in Ruhe zu sein scheinen, und diese Pausen sind von verschiedener, ganz unregelmässiger Dauer. Die Schwingungen befolgen während der ganzen Zeit ihres Bestehens eine Art von nicht ganz gleichmässigem Rythmus, und verhalten sich in dieser Beziehung sehr ähnlich den Oscillationen der Pupille, wenn das Auge für sehr glänzende oder übermässig kleine und nahe Objecte intendirt wird. Oft gelingt es, wenn die beiden Doppelbilder in Ruhe stehen, das falsche Bild in Oscillationen auf der Richtung des Hauptschnittes zu versetzen, wenn ich das Auge rasch für sehr nahe Gegenstände accommodire, was bei einiger Übung im Experimentiren Jedem selbst ohne Annäherung eines Objectes an das Auge gelingt. Die Doppelbilder treten dann augenblicklich weiter auseinander, und das falsche Bild beginnt eine Art rythmischer Bewegung in der Richtung des Hauptschnittes.

E. Überhaupt ist die Verkürzung oder die Verlängerung der jeweiligen Accommodationsweite ein Mittel, die Doppelbilder aus einander treten zu lassen, und sie gegenseitig zu entfernen, oder sie zusammenfliessen zu machen, wenigstens einander merklich zu nähern. Es ist hier gleichgiltig, ob ich diese Veränderung der Accommodationsweite durch willkürliche Intention des Accommodationsapparates im Auge oder aber durch Benützung von optischen Instrumenten, Brillengläsern oder Fernröhren erzeuge. Im Allgemeinen gilt die Regel, dass Sammellinsen die Doppelbilder gegenseitig entfernen, Zerstreuungsgläser jedoch einander nähern und selbe zu Einem Bilde vereinigen. 1) Mittelst eines Convexglases von 30″—24″ Brennweite erscheint mir auf 15 Fuss Entfernung von dem Objecte der Abstand beider Bilder beinahe von 1″ Länge, bei Anwendung einer biconvexen Glaslinse von 18″ Brennweite hat der Abstand schon bei einer Distanz von vier Fuss die Länge von fast 1″ erreicht, während ich auf acht Schuh Entfernung nichts mehr deutlich ausnehme. Mit Brillengläsern von 14 und weniger Zoll positiver Brennweite nehme ich auf keine Distanz etwas Klares und Deutliches wahr. 2) Concavbrillen von 48″ Brennweite nähern mir bei einer Distanz des Objectes von 15 Fuss die Doppelbilder derartig, dass selbe zu einem doppelt so dicken, undeutlich begrenzten Streifen zusammentreten, der beiderseits Farbensäume aufweist; concave Linsen von 14″ Brennweite lassen mir die 15 Fuss entfernten Streifen einfach, jedoch etwas dicker erscheinen (mit Ausnahme des stets einfachen, unveränderten senkrechten Streifens): concave Gläser von 18″ und weniger hingegen zeigen mir jederzeit und in allen Fernen die Streifen einfach, deutlich und scharf begrenzt, von ganz natürlichem Durchmesser. 3) Fernröhre, welche für kurze Distanzen adoptirt werden können, lassen mich bei richtiger Stellung des Objectivs zum Oculare jederzeit die Streifen einfach, klar, scharf begrenzt, von natürlicher Dicke erkennen, sobald jedoch durch weiteres Ausziehen des Rohres das Objectiv von dem Oculare entfernt wird, treten die Doppelbilder auseinander, und zwar bei gleichzeitiger Abnahme der Lichtstärke um so mehr, als das Ocular von dem Objective entfernt wird.

F. Sehe ich bei diplopischem Zustande meines linken Auges in was immer für einer Entfernung von dem Objecte 1) durch eine feine, runde Öffnung in einem schwarzen Schirme, so erscheinen mir sämmtliche vier Striche aller Farben vollkommen einfach, deutlich und scharf begrenzt. Ganz

dasselbe gilt, wenn ich 2) durch einen sehr engen, 2''' langen, horizontalen Spalt in einem schwarzen Schirme sehe, dann nehme ich sämmtliche Objecte in allen (passenden) Entfernungen einfach, deutlich und scharf wahr. 3) Drehe ich jedoch den Schirm und mit ihm den Spalt um die auf die Schirmfläche senkrechte Axe, so dass der Spalt aus seiner wagrechten Stellung in eine zum Horizont stark geneigte Stellung kommt, oder gar perpendiculär wird, so tritt augenblicklich die Diplopie ins Leben: der senkrechte Streifen erscheint in der Richtung des Hauptschnittes und der Distanz des Objectes entsprechend verlängert, der wagrechte und beide schräge Streifen aber erscheinen in Doppelbildern, die in Bezug auf gegenseitige Lage und Entfernung in Nichts von denen abweichen, welche bei freiem Auge unter denselben Verhältnissen zur Wahrnehmung kommen. 4) Halte ich den Kopf in einer gegen den Horizont geneigten Stellung, so muss ich den Spalt in eine, dem Grade dieser Neigung entsprechende schiefe Lage bringen, um die Diplopie verschwinden zu machen, und es gilt hier die Regel, dass das Auge so lange doppelt sieht, als der Spalt nicht senkrecht oder doch nahebei senkrecht auf der Richtung der verticalen Kopfaxe, und somit auf der jeweiligen Richtung des Hauptschnittes steht. Für jede Stellung des Kopfes ist daher die zum Einfachsehen nöthige Lage des Spaltes eine andere, sie ist stets auf die verticale Kopfaxe und den Hauptschnitt senkrecht, oder doch nahebei senkrecht. Bei jeder anderen Lage des Spaltes erscheinen die Doppelbilder unter den sub C angeführten Modalitäten in Bezug auf gegenseitige Stellung. 5) Fixire ich die Objectstreifen auf 15 Fuss Ferne bei verticaler Stellung des Kopfes und des Spaltes, so sind die Erscheinungen der Diplopie dieselben, wie bei völlig freiem Auge. Senke ich nun den Schirm in verticaler Richtung, so dass die durch den oberen Theil der Pupille auf die Linse fallenden Strahlen abgeschnitten werden, so wird das obere (falsche) Bild alsogleich lichtschwächer, und verschwindet bald völlig, während das wahre Bild an Deutlichkeit und Schärfe der Begrenzung sehr bedeutend zunimmt. Hebe ich jedoch den Schirm in verticaler Richtung, so dass die durch die untere Hälfte des Sehloches auf die Linse gelangenden Strahlen abgeschnitten werden, so werden beide Bilder desselben Streifens gleichmässig lichtschwächer und verschwinden fast gleichzeitig. Dasselbe gilt bei jeder anderen Stellung des Kopfes, wenn der Spalt in der Richtung der verticalen Kopfaxe und des Hauptschnittes steht, und der Schirm nach oben oder unten verschoben wird. Jede den obern Theil der Pupille verdeckende Verschiebung des Spaltes macht das falsche Bild verschwinden, bei gleichzeitiger Zunahme des wahren Bildes an Lichtintensität und Schärfe, während Verdeckung des unteren Theiles der Pupille gleichzeitiges Verschwinden beider Bilder zur Folge hat.

G. Von der grössten Wichtigkeit ist das Verhalten der Doppelbilder bei Betrachtung der objectiven Streifen durch ein nahe vor das Auge gehaltenes Turmalinplättchen. Ich verwende zu diesem Versuche ein sehr hellgrünes und sehr durchsichtiges Plättchen, welches von dem Wiener Mechanikus Eckling geschliffen, und an den Stiel einer Turmalinzange so befestigt ist, dass seine Hauptaxe mit der Axe des Instrumentes zusammenfällt. Mittelst dieses Stieles kann ich nun leicht der Axe des Plättchens jede gewünschte Stellung geben, und wenigstens annäherungsweise den Winkel schätzen, den die Hauptaxe des Turmalins mit der Kopfaxe bildet. Hunderte und Tausende von Versuchen haben mich nun gelehrt, dass 1) so lange die Hauptaxe des Krystalles mit der jeweiligen Richtung der senkrechten Kopfaxe zusammenfällt, dem Hauptschnitte also parallel steht, die Doppelbilder der objectiven Streifen in derselben Lage und gegenseitigen Entfernung, jedoch weit lichtschwächer und minder scharf begrenzt wahrgenommen werden, als bei Fixation derselben mit freiem diplopischem Auge. 2) Drehe ich bei senkrechter Stellung der Kopfaxe und der Krystallebene das Turmalinplättchen um eine wagrechte, auf seine beiden Flächen senkrechte Axe, so wird je nach der Richtung der Umdrehung bald das eine bald das andere Bild lichtschwächer und verschwindet ganz bei einer gewissen Stellung der Hauptaxe. Drehe ich bei unveränderter verticaler Stellung der Kopfaxe und unveränderter verticaler Lagerung beider Krystall-

flächen das Turmalinplättchen nach rechts, so nimmt das obere falsche Bild an Lichtstärke und Schärfe der Begrenzung ab, während das untere wahre Bild an Deutlichkeit, Klarheit und Lichtstärke zunimmt. Ist endlich das Turmalinplättchen um so viel gedreht worden, dass seine Axe mit einer durch die senkrechte Axe des Kopfes und den Hauptschnitt gelegten Ebene einen Winkel von 45°—80° bildet, so verschwindet das falsche Bild gänzlich, während das untere den grösstmöglichsten Grad von Lichtstärke und Schärfe der Begrenzung erreicht hat. Der Winkel, welchen die Axe des Krystallplättchens mit der Ebene des Hauptschnittes und der senkrechten Kopfaxe bilden muss, auf dass das falsche Bild verschwinde, ist nicht unter allen Verhältnissen derselbe, er variirt zwischen 45° und 80°, und es scheint mir, dass er um so grösser sei, je grösser die Anstrengung des Auges unmittelbar vor dem Versuche, und je ausgesprochener die Diplopie ist. Er lässt sich niemals im Voraus bestimmen, sondern stets nur durch den directen Versuch ermitteln, ich fand ihn kaum jemals kleiner als 45°, nie grösser als 80°. Für eine und dieselbe Untersuchung jedoch ist er je nach den obwaltenden Umständen ein bestimmter, innerhalb gewisser, ohne genaue Instrumente messbarer Grenzen unwandelbarer, es wäre denn, dass die Accommodationsweite willkührlich geändert wird. Drehe ich das Krystallplättchen in der angegebenen Weise nach links, so wird in eben dem Masse, als seine Axe aus der Ebene des Hauptschnittes und der senkrechten Kopfaxe heraustritt, das untere Bild lichtschwächer und seine Umrisse unbestimmter, während das obere falsche Bild in entsprechendem Masse an Lichtintensität und Schärfe der Begrenzung zunimmt, bis endlich die Krystallaxe mit der Ebene des Hauptschnittes und der senkrechten Kopfaxe einen Winkel bildet, der dem gleichkömmt, bei welchem das falsche Bild unter rechtsseitiger Drehung der Turmalinplatte verschwindet, je nach der Grösse der vorhergegangenen Anstrengung des Auges also zwischen 45° und 80° schwankt, für bestimmte Zeiten jedoch ein bestimmter ist. Durch willkürliche Intentionen des Auges für grosse Nähe ist es aber stets möglich, das Azimuth um etwa 10°—15° zu vergrössern. Wird die Krystallplatte über diesen Winkel hinaus gedreht, so nimmt das falsche Bild an Deutlichkeit ab, während das wahre abermals auftaucht, und an Lichtstärke und Schärfe der Umrisse zunimmt, bis endlich die Axe des Turmalins in jene Lage kömmt, bei welcher das falsche Bild unter grösster Deutlichkeit des wahren verschwindet. 3) Neigungen des Kopfes nach der einen oder der andern Seite haben keine Veränderungen in Bezug auf das Verschwinden des einen oder des andern der Doppelbilder bei gewissen Stellungen der Krystallaxe zur Ebene des Hauptschnittes und der senkrechten Kopfaxe zur Folge, der Winkel, den die Axe des Turmalins mit jener Ebene machen muss, um das eine oder andere Bild aufzuheben, bleibt stets derselbe, wie bei senkrechter Haltung des Kopfes. 4) Es ist mir bis jetzt noch nicht gelungen, Farbenringe zur Wahrnehmung zu bringen, wenn ich durch eine auf die Hauptaxe senkrecht geschliffene Doppelspathplatte und ein darüber gelegtes Turmalinplättchen den hell erleuchteten Himmel betrachte.

II. Die in den vorhergehenden erörterten Erscheinungen treten allemal und nach jeder Anstrengung des Auges durch mikroskopische Untersuchungen ins Leben, unter gewissen Umständen erleiden sie jedoch mitunter Modificationen, die einer näheren Angabe werth und wichtig sind. So tritt seit etwa $\frac{1}{2}$ Jahre nach besonders intensiven mikroskopischen und namentlich mikrometrischen Arbeiten sehr häufig die Diplopie in einem weit höhern Grade auf, ich sehe dann schon auf 8″ Entfernung alle horizontalen und schrägen Striche einer Schrift doppelt, die Doppelbilder liegen $\frac{1}{2}$‴ über einander, ihre einander zugekehrten Ränder sind schön blau eingesäumt, die entgegengesetzten aber rothbräunlich eingefasst. Die Farbenstreifen der Papierblätter erscheinen schon auf 3′ Entfernung in einander berührenden Doppelbildern, auf vier Fuss Distanz sind sie durch einen 1‴ breiten Zwischenraum von hellblauer Farbe getrennt, auf sechs Fuss Entfernung treten sie 2‴, auf 15 Fuss Distanz aber 1″ weit aus einander. Die Farbenveränderungen und Farbensäume der Doppelbilder, so wie die Lageveränderungen des Hauptschnittes bei

wechselnder Stellung des Kopfes bleibt dem in dem Vorhergehenden Mitgetheilten ganz analog. Ganz besonders auffallend wird unter diesen Verhältnissen das Schwanken des falschen Bildes in der Richtung des Hauptschnittes. Convexgläser entfernen bei gleicher Brennweite die Doppelbilder weit mehr von einander, und es sind zu deren Vereinigung weit stärkere Concavbrillen nöthig, als nach minder intensiven Anstrengungen des Auges, nämlich solche mit 24″ negativer Brennweite, durch welche auf 15′ Distanz die Objectivstreifen dicker und neblig begrenzt erscheinen; ganz scharf werden diese Streifen erst mit 12″ Focus haltenden Brillen gesehen. Die Azimuthe der Doppelbilder sind unter solchen Umständen immer sehr gross, nahe 80°.

I. Seit einigen Monaten bemerke ich nach derartigen übermässigen Intentionen des Auges bei einer Entfernung von 15′ unterhalb des wahren Bildes noch ein sehr lichtschwaches zweites falsches Bild, es tritt statt der Diplopie, Dreifachsehen, auf. Das obere falsche Bild ist einen Zoll von dem wahren entfernt, und verhält sich in jeder Beziehung genau so, wie in dem Vorhergehenden bereits angegeben worden ist. Das untere falsche Bild aber ist kaum eine Linie weit von dem mittleren (wahren) Bilde entfernt, lichtschwach, und sein unterer Rand gelblich eingefasst. Der Zwischenraum zwischen dem wahren und dem zweiten falschen Bilde ist farblos. (Fig. XI.) Die Stellung dieses Letzteren zu dem wahren und dem oberen falschen Bilde ist so, dass jeder nach unten verlängerte Hauptschnitt gerade durch den entsprechenden Punkt des zweiten falschen Bildes geht; der Hauptschnitt, d. i. die durch drei gleichnamige Punkte aller drei Bilder gelegte gerade Linie ist stets parallel der senkrechten Kopfaxe. Der mit der jeweiligen Richtung der verticalen Kopfaxe parallele Streifen erscheint stets einfach, nach der einen Seite zu um 1″, nach der entgegengesetzten Seite um 1‴ verlängert, alle andern Streifen aber erscheinen doppelt, und das zweite falsche Bild verhält sich in Bezug auf Stellung zu dem Wahren gerade umgekehrt wie das erste falsche Bild, ein Umstand, der in der Unveränderlichkeit des Hauptschnittes bei Diplopie und Triplopie begründet ist. (Fig. X.) Ein Schwanken des untern falschen Bildes konnte ich bis jetzt noch niemals wahrnehmen, wohl aber sah ich es öfters bei dem obern falschen Bilde, und es wird sein Auftreten oft durch willkürliche Accommodation des Auges für sehr grosse Nähe begünstigt, das obere Bild oscillirt alsdann in der Richtung des Hauptschnittes, während das wahre und zweite falsche Bild unverändert ihre gegenseitige Lage beizubehalten scheinen. Verkürzung der Accommodationsweite durch Convexbrillen, selbst ganz schwache, machen beide falschen Bilder deutlicher hervortreten, etwas schärfere unter 30″ positiver Brennweite machen jedoch das zweite falsche Bild wegen zunehmender Lichtschwäche desselben verschwinden. Concavbrillen von 48″ Brennweite heben auf 15′ Distanz das zweite falsche Bild vollkommen auf, während bei dieser Distanz unter den angegebenen Umständen Gläser von 14″ und 12″ Brennweite erfordert werden, um das erste falsche Bild mit dem wahren zu vereinigen. Eine feine Öffnung in einem schwarzen Schirme hebt in allen Entfernungen beide falschen Bilder auf, und ebenso Spaltöffnungen, deren Richtung mit der durch den Hauptschnitt und der gesenkten Kopfaxe gelegten Ebene einen rechten oder doch beinahe rechten Winkel bildet. Spaltöffnungen, deren Richtung mit der genannten Ebene zusammenfällt oder in einem kleinen Winkel zu denselben gestellt ist, lassen die Erscheinungen der Triplopie gerade so wahrnehmen, wie bei freiem Auge. Versuche mit solchen Spaltöffnungen, welche in die Richtung des Hauptschnittes fallen, stellen heraus, dass das obere und untere falsche Bild von ganz verschiedenen ins Auge fallenden Strahlen erzeugt werden, denn schneide ich, durch Senken des Spaltes in der Richtung der verticalen Kopfaxe, die durch den obern Theil der Pupille ins Auge fallenden Strahlen ab, so verschwindet sogleich das obere falsche Bild, während das wahre und das untere falsche Bild an Deutlichkeit und Schärfe der Begrenzung zunehmen, hebe ich aber den Schild in jener Richtung, so verschwindet zuerst das untere Bild, und hierauf wird das wahre und das obere Bild gleichzeitig lichtschwächer, bis beide gleichzeitig verschwinden. Versuche mit Turmalinplättchen, um das Azimuth des zweiten falschen

Bildes zu ergründen, lieferten bis jetzt noch kein Resultat wegen der Lichtschwäche dieses Bildes und der grossen Lichtabsorption in dem farbigen Krystalle, welche die Wahrnehmung dieses Bildes ganz unmöglich machen. Doch mit Bestimmtheit geht hervor, dass unter solchen Umständen das Azimuth des obern Nebenbildes stets ein sehr grosses, nahebei 80° betragendes sei.

K. Fixire ich, während mein linkes Auge diplopisch ist, die Objectsstreifen mit beiden Augen, so erscheint mir der senkrechte Streifen ganz normal; der wagrechte und beide schräge Streifen werden etwas lichtschwächer und minder scharf begrenzt wahrgenommen, jedoch bemerke ich deutlich oberhalb des wagrechten und der beiden schrägen Streifen in einer der Distanz des Objectes entsprechenden Entfernung einen sehr lichtschwachen, nebelartigen Schatten. Das falsche Bild ist kaum zu erkennen, ohne farbige Säume.

Diesen an meiner eigenen Person gemachten Erfahrungen reihen sich nun jene an, welche ich an fremden Individuen zu machen Gelegenheit hatte. Ich hebe aus den mir zu Gebote stehenden Fällen nur einige hervor, und zwar solche, welche ich in ihren Details durch mehrmals wiederholte Versuche als vollkommen constatirt betrachten darf, und welche Leute betrafen, die nicht nur den Willen, sondern auch den hinlänglichen Verstand hatten, um derartige Versuche mit ihnen zu vornehmen können. Ich übergehe alle Fälle, in welchen die Diplopie entweder zu wenig ausgesprochen war, oder wo dem Individuum selbst die nöthigen Fähigkeiten fehlten, um zu einigermassen sicheren Resultaten zu gelangen, und die Untersuchung überhaupt auf einen gewissen Grad von Vollständigkeit zu bringen. Ich kann mich der detaillirten Aufführung dieser unvollständig untersuchten Fälle um so eher überheben, als sie im Allgemeinen nur das bestätigen, was in dem Folgenden zur Sprache kommen wird.

II. Erfahrungen an fremden Personen.

1. Fall. Ein vierzehnjähriger Knabe von ganz gesundem Aussehen und verhältnissmässig sehr entwickelten Geistesanlagen schielt mit beiden Augen nach einwärts, ein Zustand, der seit seinem vierten Lebensjahre bestehen soll, zu welcher Zeit der Kranke an heftigen Fraisen gelitten zu haben vorgibt. Das rechte Auge schielt mehr als das linke, und auch öfter. Fixirt der Kranke einen grösseren Gegenstand auf eine beliebige, vier Fuss übersteigende Distanz, so geschieht dies bald mit dem rechten, bald mit dem linken Auge, während das andere Auge sich in den Augenwinkel stellt, und ganz unthätig bleibt, wovon man sich leicht Überzeugung verschaffen kann, wenn man nach Petrequin's Rathe während der Fixation des Objectes mittelst eines Schirmes bald das eine bald das andere Auge verdeckt. Wird nämlich das unthätige Auge verdeckt, so bleibt das andere ganz ruhig in seiner Stellung, sobald aber das gerade fixirende Auge hinter den Schirm kommt, regt sich das unthätige, tritt aus dem Winkel hervor, und sucht durch Bewegungen ganz deutlich und sichtbar seine optische die Axe in Richtung des Objectes zu stellen. Sobald der Kranke aber sehr kleine Gegenstände genau betrachten soll, sobald er zum Lesen, Schreiben etc. sich anschickt, tritt sein rechtes schwächeres, mehr schielendes Auge alsogleich in den innern Augenwinkel, und das linke Auge allein verfolgt durch entsprechende Bewegungen das Object. Das linke Auge accommodirt sich mit Leichtigkeit und Schnelligkeit für alle möglichen Distanzen, für den gestirnten Himmel und die kleinste auf vier Zoll entfernte Druckschrift. Das rechte Auge ist kurzsichtig und diplopisch. Es liest auf neun Zoll Distanz mit grösster Leichtigkeit den kleinsten Druck, kann aber auf 17 Fuss Distanz keinen der vier objectiven Streifen auf dem Papierblatte unterscheiden. Auf vier Fuss Entfernung sieht es sowohl einen schwarzen runden Punkt von 1‴ Durchmesser, als den senkrechten Streifen einfach, der wagrechte und beide schrägen Streifen erscheinen ihm aber lichtschwächer und dicker. Auf fünf Fuss Distanz erscheint

ihm der Punkt und der senkrechte Streifen noch einfach, der wagrechte und beide schrägen Streifen aber erscheinen doppelt. Das Nebenbild ist etwas lichtschwächer, ohne Farbensäume, es liegt bei 2‴ unterhalb des wahren Bildes, und steht bei senkrechter Haltung des Kopfes um etwas weniges nach rechts vor. Im Verhältnisse zur Entfernung des Objectes treten die Doppelbilder weiter und weiter aus einander, und auf 12 Fuss Entfernung stehen die Doppelbilder des wagrechten und der schrägen Streifen bereits so weit aus einander, dass eine, zwei entsprechende Punkte derselben verbindende, gerade Linie bei 1″ messen dürfte. Diese Linie, der Hauptschnitt, ist nicht ganz parallel der verticalen Kopfaxe, sondern bildet mit derselben einen nach links und oben geöffneten Winkel, dessen Grösse der Kranke anzugeben ausser Stande ist, der aber nach seiner Zeichnung der Doppelbilder kaum 20° überschreiten dürfte. Erst bei dieser Entfernung tritt der senkrechte Streifen in einem Doppelbilde auf, das falsche Bild steht nach rechts von dem wahren und so tief, dass nur das untere Drittheil des wahren und das obere des falschen neben einander in dasselbe Niveau zu stehen kommen, durch einen Zwischenraum von kaum einer Linie Breite gegenseitig getrennt. Der Hauptschnitt der Doppelbilder steht also in diesem Falle nicht senkrecht, sondern bildet mit dem Lothe einen Winkel von ungefähr 20°. Experimente mit geneigtem Haupte zur Bestimmung entsprechender Lageveränderungen des Hauptschnittes hatten zu verwirrte Angaben des Kranken zu Ergebnissen, als dass daraus eine Schlussfolgerung möglich wäre. Mit Convexgläsern nimmt der Kranke nur äusserst schwierig die Streifen aus, und seine Mittheilungen sind in dieser Hinsicht weniger glaubwürdig, doch bestätigen sie im Ganzen genommen die allgemeine Regel, dass Convexlinsen die Doppelbilder gegenseitig entfernen. Mit Concavgläsern von 14 und 10 Zoll Brennweite erscheinen ihm auf 12 Fuss Ferne der senkrechte und beide schrägen Streifen einfach, der wagrechte etwas dicker, auf 10 Fuss Entfernung sind jedoch alle vier Streifen völlig scharf, deutlich und einfach. Durch eine feine Öffnung in einem Schirme, so wie durch einen feinen wagrechten Spalt sieht er alle vier Streifen einfach und scharf begrenzt, durch einen senkrechten oder wenig geneigten Spalt aber kommen die Doppelbilder, so wie mit freiem Auge zur Wahrnehmung. Mit einem Turmalinplättchen experimentirt der Kranke äusserst schwierig, nur durch zahlreiche Wiederholungen jedes einzelnen Versuches konnte ich zu einem einigermassen genügenden Resultate gelangen, und den Winkel annäherungsweise bestimmen, den die Axe des Krystalls mit dem Hauptschnitte bilden muss, um das Doppelsehen verschwinden zu machen. Das Azimuth für das falsche Bild beträgt 60°—80° nach links. Das Azimuth für das wahre Bild 60°—80° nach rechts von der Richtung des Hauptschnittes.

II. Fall. Ein 15jähriger, sehr wohl aussehender, rüstiger, geistig sehr entwickelter Knabe kam vor einem Jahre aus seiner Heimath, Böhmen, nach Wien, um als Glaserlehrling in einem Geschäfte einzutreten. Nach dem einstimmigen Zeugnisse aller seiner Hausgenossen waren damals seine Sehaxen vollkommen congruent, keine Spur des leisesten Strabismus an ihm zu bemerken. Kurze Zeit nach seiner Ankunft in Wien waren zu seinem Schrecken ohne alle bewusste Ursache über Nacht während des Schlafes beide Augen strabotisch geworden, und das damit verbundene Doppelsehen machten jeden seiner Schritte unsicher. Der Strabismus dauerte einen Tag, des andern Morgens erwachte der Kranke in vollkommen normalen Zustande, das Schielen war völlig verschwunden. Doch dauerte die Freude nur einen Tag, denn des folgenden Morgens war der Strabismus beider Augen wiedergekehrt, und in dieser Weise wechseln nun seit fast einem Jahre Schieltage (wie sie der Patient nennt) mit freien Tagen ab. Ich beobachte den Kranken seit mehr denn 4 Monaten, und hatte so hinlänglich Gelegenheit, mich von der Existenz eines intermittirenden Strabismus mit unwandelbarem dreitägigem Typus zu überzeugen. Im Anfange meiner Beobachtungen waren die Intermissionen ganz vollständig, jeden zweiten Tag waren die Bewegungen beider Augen stets vollkommen übereinstimmend, keine Spur eines schiefen Blickes wahrnehmbar, seit zwei Monaten aber sind die Intermissionen minder vollständig, denn bei sehr genauer Untersuchung

der Augen findet man im rechten Auge bei Fixation etwas fernerer Gegenstände eine leise Abweichung seiner optischen Axe nach links, der Kranke schielt im geringen Grade mit dem rechten Auge. An den Schieltagen ist jedoch der convergirende Strabismus beider Augen ungemein ausgeprägt. Doch bewegt der Kranke jedes einzelne Auge leicht und prompt nach allen möglichen Richtungen, er fixirt die Gegenstände bald mit dem einen, bald mit dem andern, wie der Petrequin'sche Versuch zeigt, nur die Concinnität der Bewegungen beider Augen ist aufgehoben, er ist an den Schieltagen nicht fähig, beide Sehaxen gleichzeitig auf denselben Punkt zu richten und hier festzuhalten, ein oder das andere Auge, häufiger das rechte Auge, weicht gegen den innern Winkel hin ab. Seit einem halben Jahre treten öfters ohne bekannte Ursache mässige Schmerzen in der rechten Kopfhälfte auf, besonders an Schieltagen, und seit ganz kurzer Zeit klagt der Kranke über ein continuirliches Gefühl, als drücke Jemand mit zwei Fingern auf die rechte Abdachung der Nase. Mit Ausnahme der erwähnten Alterationen ist weder in den motorischen noch sonstigen Nerven des Gehirns oder Rückenmarkes irgend eine krankhafte Affection zu eruiren. Der Verdacht eines Gehirnleidens dürfte aber einige Begründung in der auffallend grösseren Vorwölbung der rechten Stirnhälfte finden. Chinin und Chinoidin in starken Dosen, so wie kalte Kopfdouche liessen mich bei Behandlung dieses Übels gänzlich im Stiche, im Gegentheile scheint die Krankheit unaufhaltsam vorwärts zu schreiten, denn es stellen sich nun öfters und heftigere Kopfschmerzen ein, das Gefühl eines Druckes auf die rechte Nasenwand hat an Intensität zugenommen und die Abweichung der rechten Sehaxe ist nun eine continuirliche geworden, nur nimmt sie an den Schieltagen auffallend zu. Sehr häufig wiederholte Experimente mit dem Kranken an Schieltagen und freien Tagen liessen das Accommodationsvermögen des linken Auges stets als ein ausgezeichnetes erkennen, der Kranke las auf 14″ Distanz fertig die kleinste Druckschrift, und zählte mit Leichtigkeit die Ziegel eines 20° entfernten Daches. Trotzdem ist aber das linke Auge an den Schieltagen diplopisch, doch sind die falschen Bilder sehr lichtschwach, so dass die Angaben des Kranken über Stellung und Lage der Doppelbilder sehr unzuverlässig und oft widersprechend erscheinen. Anders ist es mit dem rechten, offenbar kurzsichtigen Auge; hier ist die Diplopie sehr deutlich ausgesprochen, doch auch hier sind die Erscheinungen nicht immer im gleichen Grade vorhanden, die Länge des Abstandes der Doppelbilder wechselt nach verschiedenen Tagen, während die Stellung des Hauptschnittes zum Horizonte eine constante bleibt. Im Allgemeinen ist die Myopie und der Abstand der Bilder an freien Tagen geringer als an Schieltagen, jedoch auch an Schieltagen sehr verschieden. An Schieltagen mit sehr entwickelter Diplopie sieht der Kranke mit dem rechten Auge auf 3′ Distanz alle vier Streifen einfach, doch lichtschwächer, etwas verdickt, ohne Farbensäume. Auf vier Fuss Distanz erscheinen der senkrechte, wagrechte, und der nach links aufsteigende schräge Streifen doppelt, der nach rechts aufsteigende schräge Streifen aber erscheint einfach, obwohl etwas verdickt und nach rechts und oben etwas verlängert. Die falschen Bilder laufen parallel den wahren, und relativ zu den letztern so gestellt, dass jede, zwei gleichnamige Punkte der Doppelbilder verbindende, gerade Linie bei senkrecht gestellter Kopfaxe 30°—40° nach rechts geneigt erscheint. Der Hauptschnitt bildet mit dem Lothe einen nach rechts und oben offenen Winkel von 30°—40° und der gegenseitige Abstand beider Bilder hat für die Distanz von 4′ eine Länge von 2‴. Auf 9′ Entfernung sieht er den senkrechten Streifen gar nicht, den nach rechts aufsteigenden schrägen Streifen einfach, den wagrechten und nach links aufsteigenden Streifen bei starker Anstrengung doppelt, doch ist das Doppelbild der letzteren zwei Streifen äusserst schwach ausgesprochen, gleicht einem kaum erkennbaren nebligen graulichen Streifen, der 1″ über dem wahren Bilde steht, und einem Hauptschnitte von 50°—60° Neigung gegen den Horizont entspricht; sobald die Anstrengung des Auges nachlässt, entschwinden alle beiden falschen Bilder, der wagrechte und beide schräge Streifen erscheinen lichtschwach neblig, ohne scharfe Grenzen, einfach. Auf 12′ Distanz nimmt der Kranke die Streifen nur ganz unbestimmt, im Nebel aus. Durch ein Brillenglas

mit 24″ positiver Brennweite erscheinen auf 18″ Ferne alle vier Streifen einfach, doch trübe, auf $2^1/_2$′ Distanz treten dieselben Erscheinungen auf wie bei vier Fuss Entfernung und freiem Auge. Durch ein Convexglas von 18″ Brennweite erscheint der senkrechte und nach rechts aufsteigende Streifen auf 3′ Ferne einfach, die Doppelbilder des wagrechten und nach links aufsteigenden schrägen Streifens sind ungemein lichtschwach, neblig, ihr gegenseitiger Abstand bei $^3/_4$″. Auf sechs Fuss Distanz wird mit einem Convexglase von 18″ Brennweite bloss der nach links aufsteigende Streifen in zwei 1″ entfernten Bildern wahrgenommen, der andere schräge und der wagrechte Streifen werden einfach, neblig, der senkrechte gar nicht wahrgenommen. Mit Convexgläsern von 10″ Brennweite erscheinen auf 9″ Distanz alle vier Streifen einfach, auf 13″ Distanz ist der wagrechte und nach links aufsteigende Streifen doppelt, der Abstand bei zwei Linien, der senkrechte und nach rechts aufsteigende Streifen sind einfach, auf grössere Distanzen verschwimmt Alles vor dem Auge. Mit Convexgläsern von 24—15″ negativer Brennweite nimmt der Kranke alle vier Streifen auf 3—15 Fuss Entfernung scharf, einfach und deutlich wahr. Durch eine feine Öffnung in einem Schirme, so wie durch einen feinen 30°—40° gegen den Horizont geneigten Spalt sieht der Kranke in allen Entfernungen alle vier Streifen einfach und deutlich, sobald aber die Richtung des Spaltes nicht nahebei senkrecht auf den Hauptschnitt steht, erscheinen die Doppelbilder wie bei Fixation der Objecte mit freiem Auge. Durch ein Turmalinplättchen, dessen optische Axe dem Hauptschnitte parallel steht, sieht der Kranke die Doppelbilder wie mit freiem Auge, jedoch lichtschwächer, in eben dem Masse jedoch wie das Plättchen um eine auf seine Flächen senkrechte (horizontale) Axe nach rechts gedreht wird, nimmt das eine Bild an Lichtintensität ab, und wenn die Krystallaxe mit dem Lothe einen Winkel von 70° macht, ist das eine Bild verschwunden. (Ich kann nicht mit Bestimmtheit eruiren, welches der beiden Bilder dieses sei.) Strengt sich das Auge aber sehr stark an, so tritt das zweite Bild gleich wieder hervor. Bei einer Neigung der Krystallaxe von 80° nach rechts, erscheinen die Streifen stets einfach, und willkürliche Verkürzung der Accommodationsweite kann sie nicht mehr in Doppelbilder auftreten machen. Wird das Plättchen nach links gedreht, so verschwindet auch bald eines der Bilder, und es bedarf hier nur eines Winkels von 10°—15° mit dem Lothe, um die Diplopie aufzuheben. Zu andern Zeiten fand ich jedoch sowohl das Accommodationsvermögen als auch die Erscheinungen der Diplopie in dem rechten Auge etwas verändert. So ergab eine Untersuchung für den Abstand beider Bilder bei einer Distanz des Objectes von 3′ 3″ eine Länge von 1‴, für 6′ Distanz 4‴, für 10′ Entfernung 6‴, für 15′ Entfernung einen Zoll. Der Hauptschnitt erwies sich unter allen Verhältnissen 30°—40° von der senkrechten Richtung der verticalen Kopfaxe abweichend, und bewahrte diese seine Stellung zur verticalen Kopfaxe unter allen Umständen, bei den verschiedensten Neigungen des Kopfes nach der Seite. Die optische Achse des Turmalinplättchens musste jedoch in einem Winkel von 30°—40° zur Körperaxe nach rechts oder links gestellt werden, um die Diplopie verschwinden zu machen. In diesem Falle fiel selbe also bei der Neigung nach rechts mit dem Hauptschnitte in dieselbe Richtung, bei der Neigung nach links aber stand sie auf der Richtung des Hauptschnittes senkrecht, wenn das eine oder andere Bild zum Verschwinden gebracht worden war. Leider waren auch hier die Angaben des Kranken in Bezug des Verschwindens des wahren oder falschen Bildes sehr unzuverlässig.

III. Fall. Eine 37 Jahre alte Spitzenklepplerin von ganz gesundem Aussehen leidet seit Jugend auf an einem geringen Grade von Kurzsichtigkeit beider Augen. Vor zwei Jahren litt sie an einem dem gegenwärtigen sehr ähnlichen Übel, wurde jedoch bald wieder hergestellt. Übermässige, besonders nächtliche Arbeit hatte vor fünf Monaten ihr Gesicht derartig geschwächt, dass sie Alles rings um sich in einen dichten Nebel gehüllt erblickte, der um so trüber war, je ferner die Gegenstände lagen. Alle Gegenstände erschienen ihr wie mit einem goldenen Scheine überzogen und ihre Ränder spielten in der Farbe des Regenbogens. Nähere Daten weiss die Kranke gegenwärtig nicht anzugeben. Sie wurde auf der

Wiener Augenklinik durch fünf Monate mit Tartarus emeticus, Sublimat und Quecksilbersalbe, den Panaceen für alle Mängel des dioptrischen Apparates, natürlich fruchtlos, behandelt. Bei ihrer sofortigen Aufnahme auf der Augenkrankenabtheilung fand ich beide Augen ohne Spur einer äusserlich sichtbaren krankhaften Erscheinung, nur war die Iris sehr merkwürdig abgeflacht, nach hinten gerückt; die Pupille enge, regelmässig, träge, beweglich. Fernere Gegenstände sieht die Kranke wie mit einem gelben Nebel überzogen, deren Ränder ganz verschwommen, mit einem hellblauen Saume eingefasst, auf dem ein hellbrauner ins Gelbe verwaschener Rahmen aufsitzt. Nähere Gegenstände erscheinen ihr gelb ohne scharfe Ränder und ohne farbige Säume. Das Accommodationsvermögen beider Augen ist fast aufgehoben, der Fernpunkt des rechten Auges ist auf vier Fuss hereingerückt, der Fernpunkt des linken aber liegt fast 10 Fuss von dem Auge. Hingegen sieht sie mit dem rechten Auge nahe und kleine Objecte viel besser als mit dem linken, sie liest mit dem rechten Auge auf 10″ Distanz kleine Druckschrift prompt, ohne jedoch dabei ausdauern zu können, mit dem linken Auge ist das Lesen äusserst beschwerlich. Das rechte Auge ist diplopisch, das linke gleichfalls, und die Erscheinungen in beiden ganz analog. Mit dem rechten Auge sieht die Kranke auf 11″ Entfernung alle vier schwarzen Streifen einfach, deutlich und scharf begrenzt, ohne Farbensäume. Auf zwei Fuss Distanz erscheint der senkrechte Streifen an seinem linken Rande bräunlichgelb eingefasst. der wagrechte und der nach rechts aufsteigende schräge Streifen zeigt an seinem obern Rande einen braungelben Saum, der entgegengesetzte Rand dieser Streifen ist grau verwaschen ohne ausgesprochene Farbe. Der nach links aufsteigende schräge Streifen wird einfach, ohne Farbensäume, wahrgenommen. Auf 2′ 7″ erscheint der Farbensaum des senkrechten, horizontalen, und nach rechts aufsteigenden Streifens fast schwarzbraun, nach aussen ins Röthliche verwaschen. Auf $3^1/_2$ Fuss Entfernung erscheinen sämmtliche vier Streifen doppelt, das wahre Bild ist grau ohne Farbensaum, das falsche liegt demselben parallel, und die, zwei gleichnamige Punkte beider Bilder verbindende, gerade Linie, der Hauptschnitt, bleibt unter allen Umständen 10^0—20^0 von der verticalen Kopfaxe nach links abgeneigt; die Länge des Abstandes beider Bilder ist bei dieser Entfernung des Objectes bei 4‴. Das falsche Bild ist braungrau, sein nach links sehender Rand licht röthlichgelb eingefasst, das falsche Bild des senkrechten Streifens steht nahe an dem wahren Bilde an, doch reicht das erstere mit seinem obern Ende weit über den obern Endpunkt des wahren hinaus. Das falsche Bild des wagrechten Streifens liegt fast gerade über dem wahren Bilde, nur sein linkes Ende steht etwas weiter nach links hervor, während das rechte Ende des untern (wahren) Bildes etwas weiter nach rechts vorragt. Der Zwischenraum zwischen beiden ist bei 3‴ breit und farblos. Der nach links aufsteigende schräge Streifen ist einfach, jedoch verdickt, sein oberer Rand bräunlichroth eingefasst, und dieser Saum steht an dem linken obern Ende etwas hervor. Die Doppelbilder des nach rechts aufsteigenden schrägen Streifens liegen fast ganz gerade über einander, und der Zwischenraum ist hier am grössten, bei 4‴ breit. Auf $5^3/_4$′ Distanz hat der gegenseitige Abstand beider Bilder fast einen halben Zoll Länge erreicht, doch sind die Doppelbilder ungemein lichtschwach und schwer zu erkennen. Der senkrechte Streif erscheint in beiden Bildern gelblich nebelartig, während das falsche Bild des wagrechten und des nach rechts aufsteigenden schrägen Streifens noch braunroth mit gelbem Saum, das wahre Bild grau ist. Auf sieben Schuh Entfernung verschwindet alles spurlos. Im linken Auge werden nun aber die Doppelbilder erst sichtbar, und ihr Abstand erreicht bei Distanzen von 12—15 Fuss eine Länge von 1″, in weiterer Ferne wird aber auch hier das Sehen ganz unbestimmt. Bei Fixation des Streifens mittelst eines Convexglases von 10″ Brennweite treten auf 1′ 10″ Distanz dieselben Erscheinungen auf, wie bei unbewaffnetem Auge und einer Entfernung von $3^1/_2$′. Auf $2^1/_2$′ verschwindet Alles in gelbem Nebel. Mittelst eines Concavglases von 48″ Brennweite erscheinen auf 3′ Distanz die Streifen wie bei freiem Auge und einer Entfernung von 1 Schuh 10 Zoll. Mit Concavgläsern von 14″ Brennweite sieht die Kranke noch auf 6′ alle vier Streifen ganz einfach, ohne deutliche Farbensäume. Mit feinen Löchern und Spaltöffnungen hatte ich zu der Zeit

dieser Beobachtung noch keine Experimente gemacht. Bei verticaler Stellung der senkrechten Kopfaxe und verticaler Richtung der optischen Axe eines vor das Auge gehaltenen Turmalinplättchens erscheinen die Doppelbilder der Streifen wie mit freiem Auge nur lichtschwächer. In dem Masse aber als das Turmalinplättchen um eine auf seine Fläche senkrechte horizontale Axe nach links gedreht wird, verliert das obere falsche Bild an Lichtintensität, während das wahre Bild deutlicher und schärfer wird. Ist die Drehung so weit gelungen, dass die optische Axe des Turmalins mit der senkrechten Kopfaxe einen nach oben und links offenen Winkel von 30°—40° bildet, so ist das falsche Bild gänzlich verschwunden, bei gleichzeitiger grösster Lichtstärke des wahren Bildes. Bei weiterer Drehung der Turmalinplatte erscheint gleich wieder das falsche Bild, es nimmt an Lichtstärke und Schärfe der Begrenzung zu, während das wahre in dieser Beziehung abnimmt, bis endlich die optische Axe des Krystalls mit der senkrechten Kopfaxe einen nach unten und links offenen Winkel von 10°—20° bildet, dann ist bei grösster Deutlichkeit und Schärfe des falschen Bildes das wahre gänzlich verschwunden. — Später wurde das rechte Auge amblyopisch und weitere Experimente unmöglich. Beide Augen begannen nach aussen abzuweichen, und im rechten Auge äusserte sich eine Parese des oculomotorischen Nerven mit allen ihren Erscheinungen. Das linke Auge bewahrte jedoch mit Ausnahme seiner geringen Abweichung nach aussen seinen ursprünglichen Zustand, die Entlassung der Kranken aus der Abtheilung entrückte sie meiner weitern Beobachtung.

IV. Fall. Ein 17jähriger Judenknabe mit ungewöhnlich entwickelten Geistesanlagen litt seit seiner frühesten Kindheit an Augenentzündungen, in Folge deren am linken Auge eine excentrische partielle vordere Synechie und eine staphylomatöse Ausdehnung der obern vordern Partie der Sklera mit amblyopischem Zustand der Netzhaut eingetreten waren. Das rechte Auge ist mit Ausnahme der Cornea ganz von normalem Aussehen. Im mittleren Theile der Hornhaut findet man zwei kleine, unregelmässig begrenzte, ganz oberflächlich gelagerte Trübungen. Die eine derselben ist stecknadelkopfgross, halb durchsichtig, wolkenartig mit verwaschenen zackigen Rändern, und liegt gegenüber dem obern und innern Theile des Pupillarrandes bei mässiger Weite des Sehloches. Die andere Trübung ist offenbar narbiger Natur, ganz undurchsichtig, von kreideähnlichem Aussehen, mit wolkig trüben verwaschenen Rändern, und liegt etwas nach aussen, und unterhalb des wagrechten Durchmessers der mässig weiten, sehr lebhaft spielenden Pupille. Das Centrum der Cornea ist demnach wenigstens auf $^{3}/_{4}'''$ im Durchmesser ganz rein. Die Hauptklage des Kranken ist Dreifachsehen. Auf eine Entfernung von mehreren Schuhen sieht er helle und glänzende Gegenstände von geringerer Ausdehnung in drei Bildern. Meine Experimente ergeben Folgendes: Auf $5^{1}/_{2}$ Fuss Entfernung sieht er das Papier undeutlich, die darauf verzeichneten vier Striche aber so verschwommen und unbestimmt, dass er über Lage, Stellung und Farbe keine Auskunft zu geben vermag. Auf 5′ Distanz treten die schwarzen Streifen bereits in die Wahrnehmung, der senkrechte Streifen erscheint sehr neblig, grau, einfach, der wagrechte und beide schrägen Streifen aber werden in drei Bildern gesehen. Die zwei obern sind etwas dunkler, mohrengrau und durch einen kaum vier Linien breiten weissen Zwischenraum getrennt, der dritte Streifen ist äusserst blassgrau, drei Zoll unterhalb des unteren (wahren) der beiden stärker ausgeprägten Bilder gelegen, und sein linkes Ende steht merklich weiter nach links. Eine durch gleichnamige Endpunkte aller drei Bilder gelegte gerade Linie, der Hauptschnitt, bildet mit der senkrecht gestellten verticalen Kopfaxe des Patienten einen nach oben und rechts offenen Winkel von 30°—40°. Auf vier Fuss Entfernung ist der senkrechte Streifen noch so neblig und undeutlich, dass er nur mit grösster Mühe erkannt wird. Von einer Vervielfältigung seiner Bilder ist noch gar Nichts wahrnehmbar. Das obere falsche Bild des wagrechten und des nach links aufsteigenden schrägen Streifens ist deutlich, obwohl mit verwaschenen Rändern, es steht mehr als zwei Linien von dem wahren ab, während das untere falsche Bild zwei Zoll von dem wahren Bilde entfernt ist. Der nach rechts und oben aufsteigende schräge Streifen

erscheint nun doppelt, das obere falsche und das wahre Bild sind zu Einem grauen nebligen Streifen zusammengeflossen, das untere falsche Bild ist aber deutlich isolirt und durch einen weiten Zwischenraum getrennt. Farbensäume sind noch keine wahrnehmbar. Auf 3 Fuss Entfernung erscheint der senkrechte Streifen schon ziemlich deutlich und zu beiden Seiten desselben graue neblige Linien, deren rechtseitige nahe an dem entsprechenden Rand des Bildes steht, die linkseitige aber 2‴—3‴ davon entfernt ist. Wegen der grossen Undeutlichkeit der beiden falschen Bilder kann der Kranke jedoch nicht unterscheiden, ob eines derselben über das wahre Bild nach oben oder unten hervorragt. Der nach rechts aufsteigende Streifen erscheint doppelt, das falsche Bild steht weit unter dem wahren, stark nach links verschoben, der wagerechte und der nach links aufsteigende Streifen sind aber deutlich dreifach, die beiden obern, sehr dunkeln, ziemlich scharf begrenzten Bilder sind eine Linie von einander entfernt, das untere falsche Bild steht $1^1/_2$″ unter dem wahren, etwas nach links verschoben, so dass der Hauptschnitt unter allen Verhältnissen seine oben angegebene Stellung bewahrt. Auf zwei Fuss Distanz erscheinen die beiden falschen Bilder des senkrechten Streifens dessen wahrem Bilde noch mehr genähert, ihre beiden Enden sind verschwommen. Die übrigen drei Streifen verhalten sich wie bei einer Entfernung von 3′, nur ist der Abstand des untern falschen Bildes von dem wahren auf $^1/_2$″ verkürzt. Wenn der Kranke längere Zeit die Streifen fixirt, so verschwimmen das wahre und das obere falsche Bild zu Einem Bilde, der Kranke sieht nun doppelt. — Auf einen Fuss Entfernung hat der senkrechte Streifen nur nach links ein schattenähnliches graues Nebenbild, und dieses steht mit seinem obern Ende etwas tiefer, als das wahre Bild. Der wagrechte und der nach links aufsteigende schräge Streifen erscheinen in zwei sehr deutlichen Doppelbildern, von denen das falsche nach unten und etwas nach links verschoben, in einem Abstande von zwei Linien liegt. Der nach rechts aufsteigende Streifen erscheint doppelt, das Nebenbild aber mehr genähert, eine nothwendige Folge der Unveränderlichkeit des Hauptschnittes bezüglich seiner Richtung und der Grösse des Bilderabstandes von 2‴. — Auf $2^1/_2$ Zoll Entfernung sieht der Kranke alle vier Streifen einfach, doch selbst in dieser kleinen Distanz ohne scharfe Ränder. Die Experimente bezüglich der Stellung und Lage des Hauptschnittes bei verschiedenen Neigungen des Kopfes ergaben keine bestimmten Resultate, wegen der ungemeinen Lichtschwäche der Nebenbilder und leichten Ermüdung des kranken Auges. Durch Convexbrillen von weiterem Focus sieht der Kranke fast wie mit freiem Auge. Linsen von 14″—6″ positiver Brennweite rücken die Doppelbilder weit aus einander und machen sie minder deutlich. Concavgläser von hohen Numern haben auf die gegenseitige Entfernung der Doppelbilder sehr wenig oder gar keinen merklichen Einfluss. Mit einem Glase von sechs Zoll negativer Brennweite aber nimmt der Kranke noch auf $1^1/_2$ Fuss Distanz alle vier Streifen einfach und scharf begrenzt aus, auf grössere Ferne treten dann die Nebenbilder hervor. Durch ein rundes $^3/_4$‴ im Durchmesser haltendes Loch in einem schwarzen Schirme erkennt der Kranke noch auf neun Fuss Entfernung das Papier und die Streifen, letztere evident einfach, aber trübe, ohne scharfe Begrenzung. Auf 4′—5′ Distanz erscheint der senkrechte Streifen noch sehr unbestimmt, die übrigen drei Streifen aber schon sehr scharf begrenzt und einfach. Kleinere Löcher machen dem Kranken das Gesichtsfeld zu trübe, ein Loch von $^3/_4$‴ Durchmesser lässt ihm die Streifen jedoch wie mit freiem Auge, je nach der Entfernung doppelt oder dreifach erkennen. Dasselbe gilt von einem verticalen nicht zu feinen Spalte, durch einen horizontal vor das Auge gehaltenen Spalt sieht der Kranke aber nicht nur sehr scharf und deutlich, sondern auch in jeder Entfernung einfach. Versuche mit Turmalinen mussten wegen der Lichtschwäche der subjectiven Bilder nur sehr unbestimmte Resultate liefern. Eine 10—12 Fuss entfernte Kerzenflamme in einem ganz finsteren Zimmer sieht der Kranke in 14—20 Bildern, welche sämmtlich sehr klein, hell und ziemlich scharf begrenzt sind. Sie umgeben kranzartig eine hell erleuchtete Scheibe elliptischer Form, und die lange Axe dieser Ellipse ist in einem kleinen Winkel vom Lothe nach rechts geneigt. Die grössten Durchmesser der einzelnen Flammenbilder sind sämmtlich der langen Axe der Ellipse parallel. Durch das $^3/_4$‴ im Durch-

messer haltende Loch im schwarzen Schirme erscheint die Kerzenflamme einfach und scharf begrenzt. Leider habe ich bezüglich der Flammenbilder keine Versuche mit Spaltöffnungen angestellt, und auch Experimente mit Turmalinplättchen bezüglich der Azimuthe der einzelnen Bilder der Kerzenflamme versäumt, indem der Kranke unvermuthet seine Entlassung aus dem Spitale verlangt hatte, ehe ich zu diesen Untersuchungen schreiten konnte.

V. Fall. Ein Mädchen von 17 Jahren und gesundem, wenn auch etwas schwächlichem Aussehen wurde auf dem linken Auge vor zwei Jahren erfolglos am grauen Staare operirt, indem sich durch iritisches Exsudat die Pupille fast gänzlich geschlossen hatte, und nur ein geringer Grad von Lichtempfindung zurückgeblieben war. Die Katarakta des rechten Auges wurde im heurigen Jahre discindirt, doch erst nach mehrmaliger Wiederholung der Operation gelang es, die Katarakta zur Aufsaugung zu bringen, und so die Pupille für Lichtstrahlen durchgängig zu machen. Gegenwärtig findet man bei völliger Normalität der Cornea die Iris in einer ebenen Fläche ausgespannt, weit von der Hornhaut abstehend, die Vorderkammer daher weit. Der Pupillarrand ist gewöhnlich enge zusammengezogen, reagirt aber lebhaft auf jeden Wechsel der das Auge treffenden Lichtmenge. Auf seinem unteren Segmente sitzt ein mohnsamengrosses Klümpchen gelblichen erstarrten iritischen Exsudates, welches alle Bewegungen des ringsum freien Pupillarrandes mitmacht. Die Pupille ist ganz rein und schwarz, bei einiger Weite derselben findet man den obern und äussern Theil der Pupillarperipherie von einem mondsichelförmigen grauen, trüben Saum verengt, welcher sich leicht als ein bei der Operation stehengebliebener, durch Auflagerung getrübter Rest der Kapsel erkennen lässt, das Sehvermögen aber durchaus nicht zu beeinträchtigen vermag. — Das Auge ist doppelt- und mehrfachsehend, wie meine zahlreichen Experimente mit der Kranken herausstellten. Auf $4^1/_2{}'$ Entfernung erkennt die Kranke das Papier, durchaus aber die Streifen nicht. Auf vier Fuss Distanz erkennt sie den horizontalen Streifen in einem sehr unbestimmten Bilde, die übrigen drei Streifen werden noch nicht wahrgenommen. Auf $2^1/_2{}'$ Entfernung erkennt sie aber bereits alle vier Streifen, sie erscheinen bei senkrechter Haltung des Kopfes theils einfach, theils doppelt, und die Doppelbilder sind vollkommen gleichartig. Von den objectiven Farben der Streifen erkennt sie auf die gegebene Distanz nur die hellgelbe, alle andern Farben erscheinen ihr grau, sowohl im wahren als im falschen Bilde. Der Hauptschnitt der Doppelbilder bildet mit der senkrechten Kopfaxe einen nach oben und rechts geöffneten Winkel von $30^0—40^0$ und der gegenseitige Abstand der Doppelbilder ist, bei einer Entfernung des Objectes von $2^1/_2$ Fuss. 3 Linien. Der nach rechts aufsteigende schräge Streifen erscheint demnach einfach; sein rechtes oberes Ende um $^1/_4{}'''$ verlängert, die andern drei Streifen werden aber doppelt wahrgenommen. Der Zwischenraum zwischen den Doppelbildern ist weiss, und die Bilder selbst ohne farbige Säume. Bei grösserer Annäherung des Auges an das Object treten die Doppelbilder aus einander; das falsche wird lichtschwächer und verschwindet dann ganz. Auf $15''$ Distanz erscheinen sämmtliche Streifen einfach, in ihrer objectiven Farbe, ohne Farbensäume, aber mit verwaschenen Rändern. Neigt die Kranke bei $2^1/_2$ Fuss Entfernung vom Objecte den Kopf nach rechts gegen die Achsel, so sieht sie den nach rechts aufsteigenden schrägen Streifen einfach, nach beiden Seiten hin aber verlängert, während alle übrigen Streifen fünffach erscheinen. Das mittelste Bild ist das lichtstärkste, am deutlichsten begrenzte, die zu beiden Seiten desselben stehenden Streifen sind durch einen $2'''$ breiten Zwischenraum getrennt, viel lichtschwächer und minder scharf begrenzt, die äussersten zwei falschen Bilder stehen bei $4'''$ von dem mittelsten wahren Bilde ab, und sind sehr schwach gezeichnet, doch ganz deutlich wahrnehmbar. Sämmtliche fünf Bilder laufen einander stets parallel und eine durch gleichnamige Endpunkte aller fünf Bilder gelegte gerade Linie würde mit der jeweiligen Stellung der senkrechten Kopfaxe einen nach rechts offenen Winkel von 45^0 bilden. Neigt die Kranke den Kopf nach links in einen Winkel von 45^0, so erscheint der senkrechte Streifen einfach, jedoch nach beiden Seiten verlängert, und die fünf Bilder der übrigen drei Streifen stehen so über einander, dass der Hauptschnitt relativ zu den Rändern des Papierblattes senkrecht, relativ zur senkrechten Kopfaxe aber

in einem Winkel von fast 45° nach rechts abgeneigt zu stehen kömmt. Durch eine Convexbrille von $3^1/_2''$ Brennweite sieht sie auf 4' Entfernung den nach rechts aufsteigenden Streifen einfach und scharf begrenzt, den senkrechten, wagerechten und den nach links aufsteigenden schrägen aber in zwei sehr lichtstarken, einander fast berührenden, beinahe scharf begrenzten Doppelbildern. Durch eine Brille von 3'' positiver Brennweite sieht sie auf 2'—4' Distanz alle vier Streifen einfach, in natürlicher Farbe und scharf begrenzt. Schwächere Convexbrillen haben denselben Effect, als sehe die Kranke mit freiem Auge (d. i. nach der Angabe der Patientin). Durch concave Brillen ist die Wahrnehmung der Streifen ganz aufgehoben. Durch ein rundes Loch von $^1/_3$ Linie Durchmesser erscheinen ihr die Streifen bald einfach, bald doppelt, bald dreifach, und es scheint, als ob der Grund davon der sei, dass die den Schirm haltende Hand durch unwillkürliche sehr geringe Bewegungen (durch Zittern) und sofortige Verschiebung des in den Schirm gebohrten Loches die Pupille mehr oder weniger verdecke, denn durch ein sehr feines Löchelchen sieht die Kranke alle Streifen einfach und scharf begrenzt. Durch einen $^1/_2$ Linie breiten und 3''' langen perpendiculär gestellten Spalt sieht die Kranke den nach rechts aufsteigenden Streifen einfach, alle übrigen doppelt oder dreifach. Wird der Spalt so gestellt, dass er 45° nach links von dem Lothe abweicht, so erscheinen entweder alle vier oder aber bloss der nach rechts aufsteigende Streifen einfach, die andern drei doppelt oder dreifach; steht der Spalt aber horizontal, so sieht die Kranke die Streifen in unzählig vielen Bildern, die sehr lichtschwach und nur mit Mühe zu erkennen sind. Bei der geringsten Verschiebung des Schirmes durch die zitternde Hand werden die Bilder bald einfach, bald doppelt, bald dreifach gesehen. Ein sehr feiner Spalt, wenn er senkrecht auf die Richtung des Hauptschnittes vor das Auge gehalten wird, lässt immer nur Ein Bild erkennen, bei andern Stellungen bald zwei, bald fünf. Sehr merkwürdig sind die Ergebnisse meiner Experimente mittelst des Turmalinplättchens. Steht dessen Axe senkrecht, so erscheinen die Streifen in Doppelbildern, mit dem der jeweiligen Entfernung des Objectes entsprechenden gegenseitigen Abstande der Doppelbilder und unveränderter Lage des Hauptschnittes. Dreht die Kranke das Turmalinplättchen aber um seine horizontale Axe nach links, so werden sämmtliche Streifen bei einer Neigung der Krystallaxe von 10° einfach gesehen. Dreht sie die Axe um weitere 10°, so erscheinen der senkrechte, wagerechte und der nach links aufsteigende schräge Streifen vierfach. Bei weiterer Drehung des Turmalins werden wieder alle Streifen mit Ausnahme des stets einfachen nach rechts aufsteigenden schrägen Streifens doppelt gesehen, und die Diplopie bleibt unverändert, bis die Krystallaxe mit dem wagerechten Durchmesser der Cornea einen nach links und unten offenen Winkel von 10° macht, wo abermals vierfaches Sehen auftritt. Bei weiterer Drehung von 10° werden alle Streifen einfach, und bei einer Neigung der Krystallaxe von 60° gegen den Horizont ist wieder Diplopie vorhanden. Bei weiteren Drehungen des Plättchens wiederholten sich die aufgeführten Erscheinungen.

III. Fremde Erfahrungen.

Prevost veröffentlichte den 16. Februar 1832 in der *Société de Physique et d'histoire naturelle* die Resultate seiner neunjährigen Beobachtungen an sich selbst. Man findet selbe in den von Gay Lussac und Arago redigirten *Annales de chémie et physique, tom. 51, p. 210.* Prevost ist auf beiden Augen diplopisch, doch sind die Erscheinungen im linken Auge minder ausgesprochen, daher sich seine Experimente fast ausschliesslich auf das rechte Auge beziehen. Er sieht auf seine gewöhnliche Leseweite von 8'' die Doppelbilder $^1/_2'''$ weit aus einander gerade über einander stehend, und berechnet daraus den Gesichtswinkel für beide auf 11 Minuten. Er bemerkt ausdrücklich, dass je nach den verschiedenen Stellungen der Objecte und des Auges zu einander bald dieses bald jenes der Bilder verschwinden kann,

und da jedes diplopische Auge, wenn auch im geringeren Grade, triplopisch ist, der Fall vorkommen könne, dass die wahrgenommenen zwei Bilder nicht stets dieselben sind. Wenn Prevost einen Schirm von oben herab vor das Auge senkt, so wird zuerst das obere Bild lichtschwächer, bis es endlich ganz verschwindet, während das untere Bild eine dunklere Färbung annimmt. Dasselbe bewirkt er durch Herabsenkung des obern Bildes, während durch Hinaufziehen des untern Bildes das untere Bild lichtschwächer wird, um endlich zu verschwinden. Wird als Object eine schwarze Linie auf weissem Grunde genommen, so erscheint der Zwischenraum zwischen beiden Doppelbildern gelb. Ist das Object gefärbt, so erscheinen oft in dem Bilde drei verschiedene Nuancen, und dieses geschieht, wenn die Doppelbilder nicht vollständig aus einander treten, sondern sich theilweise decken. Der Theil des Bildes, in welchem sich die Bilder decken, ist natürlich viel lichtstärker intensiver gefärbt, während zu beiden Seiten dieses Theils halb durchscheinende gleichfarbige, aber anders nuancirte Schatten wahrgenommen werden. Hält Prevost ein Convexglas nahe an das Object, so sieht er zwei Bilder ganz ähnlich wie mit freiem Auge. Nähert er jedoch das Brillenglas mehr dem Auge, so werden die Doppelbilder kleiner und kleiner, und fliessen bei einer gewissen Distanz des Glases und Objectes von dem Auge in Ein Bild zusammen, welches letztere jedoch nicht scharf begrenzt ist, sondern von nebligen Rändern umgeben scheint. Nähert er noch mehr das Glas dem Auge, so treten die Doppelbilder wieder aus einander, und zwar um so mehr, je näher das Glas dem Auge gerückt wird, doch stehen jetzt die Bilder horizontal neben einander und sind so unbestimmt, dass sie kaum wahrgenommen werden.

Babbage sieht nach den von Prevost (l. c. S. 212) mitgetheilten Daten die Doppelbilder vertical über einander, und die Erscheinung ist dieselbe, er möge mit einem oder mit beiden Augen das Object fixiren. Nach seiner Berechnung ist der Gesichtswinkel der Doppelbilder 12 Minuten. Das obere Bild ist lichtschwächer, nimmt aber an Deutlichkeit zu, wenn er sich unwohl fühlt, während unter solschen Umständen die gegenseitige Distanz der Doppelbilder unverändert dieselbe bleibt. Nahe gelegene Objecte erscheinen einfach mit unbestimmten Rändern. Der Horizont erscheint stets doppelt. Sterne nimmt Babbage zu undeutlich wahr, als dass er über die Verdopplung ihrer Bilder ein bestimmtes Urtheil abgeben könnte. Durch Löcher in Kartenblättern, ferner wenn er durch Herabziehen des Augenliedes den durch die Pupille ins Auge dringenden Strahlencylinder verkleinert, und durch Concavbrillen sieht er einfach. Seine Berechnungen des Winkelabstandes für Doppelbilder sehr ferner Gegenstände machen es sehr wahrscheinlich, dass derselbe für alle Entfernungen stets derselbe sei.

Steifensand (Gräfe's und Walthers Journal 23. Band, S. 80) ist selbst diplopisch, bei einem geringen Grade von Kurzsichtigkeit. Einen weissen Punkt von 3‴ Durchmesser auf schwarzem Grunde sieht er mit dem linken Auge auf einen Fuss Distanz schon mit verwaschenem Rande, und auf 15 Fuss Entfernung sind die Doppelbilder bereits so weit aus einander getreten, dass der Zwischenraum zwischen beiden $1\frac{1}{2}$‴ beträgt. Das Nebenbild steht nach rechts und unten von dem wahren, und ersteres erscheint minder scharf begrenzt, minder stark beleuchtet, als das letztere. Bei seitlicher Neigung des Kopfes drehen sich auch die beiden Bilder um eine perpendiculär auf ihre Fläche stehende Axe. Auf dem rechten Auge sind die Erscheinungen ganz analog, doch steht hier das rechte Bild etwas höher. Mit beiden Augen zugleich den Punkt fixirend sieht er gewöhnlich nur zwei Bilder, indem sich die Doppelbilder gegenseitig decken. (Bei der sich kreuzenden Lage beider Hauptschnitte ist dieses sehr sonderbar.) Doch sind beide Bilder sehr undeutlich, schwankend und verworren. Ganz so leicht wie bei einem Punkte, treten auch perpendiculäre weisse Streifen auf schwarzem Grunde in Doppelbildern aus einander, schwieriger aber wagrechte Streifen, deren Doppelbilder mehr Tendenz haben, seitlich aus einander zu weichen. Bei seitlicher Neigung des Kopfes sondern sich aber auch hier sogleich die Doppelbilder. Dunkle Bilder auf weissem Grunde sollen nicht so

deutliche Resultate geben. Je weiter er sich von dem Objecte entfernt, desto mehr treten die Doppelbilder aus einander, doch unter gewissen Beschränkungen, denn bei übermässigen Distanzen werden die Bilder undeutlich und verschwimmen im Nebel.

Szokalski (Prager Vierteljahrschrift 14. Band) hat es durch Übung dahin gebracht, dort, wo andere Personen in Folge einer mit der Entfernung des Gegenstandes nicht übereinstimmenden Accommodationsweite des Auges Zerstreuungskreise sehen, Doppelbilder auf der Netzhaut willkürlich zu erzeugen. Er kann die Zerstreuungskreise halbiren (?) und so alle Erscheinungen der Diplopie willkürlich hervorbringen. Fixirt er eine Nadel, so sieht er eine zweite, vor oder hinter der ersteren gelegene Nadel doppelt und durch das Vorschieben einer Karte verschwindet bald das diesseitige, bald das jenseitige Bild, je nachdem das Object des Doppelbildes näher oder ferner lag.

Steinfeld (nach Decondé, *Annal. d'ocul.*, 9. Band) ist myopisch und sieht mit jedem Auge alle Gegenstände doppelt, welche jenseits des Fernpunktes liegen. Das falsche Bild steht schief von aussen nach innen (?) von dem wahren Bilde und ist manchmal deutlicher als das wahre. Mit beiden Augen zugleich sieht Steinfeld vier sich gegenseitig deckende Bilder.

Decondé (*Annales d'oculistique*, 9. Band) sieht seit einigen angestrengten wissenschaftlichen Arbeiten entferntere Gegenstände doppelt. Eine biconcave Linse von 16″ Brennweite hebt die Diplopie auf. Trübes stürmisches Wetter, heisse Sommertage verschlimmern das Übel und nach andauerndem Lesen, Schreiben u. s. w., besonders wenn die Augen bereits zu drücken anfangen, sind die Erscheinungen der Diplopie mehr ausgesprochen. Oft sieht Decondé die Gegenstände anfangs einfach, sobald er sie aber fester fixirt, doppelt. Die Bilder sind um so deutlicher doppelt, je kleiner das Object ist, wahrscheinlich weil sich bei grösseren Objecten die Doppelbilder gegenseitig decken. Fast immer steht das falsche Bild weiter nach rechts, seltener nach links. Der Halbmond erscheint ihm doppelt, presst er aber die Lider zusammen, so erscheinen in einer verticalen Reihe drei, vier und mehrere Bilder, was jedoch auch bei nicht diplopischen Individuen der Fall sein soll.

Szokalski (l. c.) erzählt von einem 25jährigen Taglöhner, bei welchem, wegen centraler Hornhautnarbe mit Verwachsung der Iris, nach innen zu eine künstliche Pupille angelegt und der Staar durch Zerstückelung entfernt worden war. Der Kranke konnte gewisse Gegenstände genau erkennen, klagte jedoch über Doppelsehen. Eine schwarze Scheibe auf weissem Grunde sah er bis vier Fuss Distanz einfach, in gewissen Entfernungen, d. i. auf acht Fuss, fing der rechte Rand der Scheibe an schattig, undeutlich zu werden, und auf 16 Fuss Entfernung waren beide Bilder getrennt. Sie traten dann um so mehr aus einander, je grösser die Distanz des Objectes wurde, bis endlich die Umrisse des Nebenbildes in einem nebligen Schatten untergingen. In einem zweiten von Szokalski mitgetheilten Falle sah ein diplopischer Taglöhner einen 5″ langen, wagerecht auf einer schwarzen Tafel angehefteten Papierstreifen auf 12 Fuss Distanz in zwei wagerechten Bildern, deren unteres mit seinem rechten Ende etwas weiter hervorstand. Bei perpendiculärer Stellung des Streifens standen die Doppelbilder senkrecht über einander, das linke ragte weiter nach oben, das rechte weiter nach unten hervor. Wurde der Streifen in einen Winkel von 45° zum Horizonte in eine gegen links aufsteigende schiefe Richtung gebracht, so sah der Kranke bloss einen, jedoch viel längern Streifen. Die darauf notirten fünf Zollstriche waren zehn geworden. Je mehr der Patient sich von der Tafel entfernte, desto länger wurde die Linie und die schwarzen Zollstriche deckten sich so, dass der Streifen jetzt in 6 gleiche Theile getheilt zu sein schien. Wurde statt des Streifens ein weisses Bändchen genommen, und in einen Winkel von 45° gegen den Horizont auf der Tafel aufgeheftet, so dass es von unten und links nach oben und rechts aufstieg, so erschien das obere der beiden Bilder weiss, das untere bläulich und der Zwischenraum röthlich. Wurde in derselben Richtung ein gelbes Bändchen angeheftet, so erschien das obere Bild blässer gelb, und der obere Rand des untern Bildes orange ein-

gefasst. Von den Doppelbildern eines blauen Bändchens erschien das untere weit dunkler als das obere. Die Doppelbilder rother Bändchen waren weit weniger von einander entfernt, als jene von andersfärbigen Bändchen. Wurden zwei rothe Bändchen aufgelegt, so sah der Kranke vier Streifen; zwei weisse Streifen erzeugten aber nur drei Bilder. Ein dritter von Szokalski angeführter Fall betrifft einen starken etwas kurzsichtigen Mann von 30 Jahren, der vor einem Jahre an Wallungen zum Kopfe gelitten hatte, in Folge deren sich undeutliches Sehen einstellte. Er sah mit dem linken Auge alle kleinen Gegenstände in wagerechter Richtung doppelt. Auf 15 Fuss Entfernung erschien ihm ein Papierstreifen in Doppelbildern, die 1‴ von einander entfernt standen. Der innere Rand der beiden Bilder war gelb, der äussere blau. Bei gelben Papierstreifen waren die innern Ränder der Doppelbilder orange, die äusseren grün. Convexgläser von 30″ Brennweite entfernten gegenseitig die Bilder, solche Brillen von 12″ Brennweite erzeugten fünf Bilder, deren mittelstes weiss, die andern vier blau waren. Durch Concavgläser von 60″ Brennweite wurden die Bilder einander genähert, mit Concavgläsern von 24″ Brennweite sah er einfach, mit solchen Gläsern von 11″ Focus erschienen drei Bilder, deren mittelstes blau, die zwei andern gelb waren. In einem vierten Falle hatte ein Musiklehrer, welcher myopisch war, anfangs nur einen Schatten neben den Objecten gesehen. Später aber hatte sich dieser Schatten zu einem dem wahren Bilde ganz analogen, falschen Bilde verdichtet. Der Kranke sah alsdann bis auf $3^1/_2$ Fuss Distanz einfach, weiter entfernte Gegenstände aber doppelt, und die Doppelbilder wichen um so mehr aus einander, je weiter sich der Kranke von dem Objecte entfernte, verloren aber verhältnissmässig an Deutlichkeit ihrer Farben und Umrisse, und liessen sich auf 20′ Entfernung nicht mehr erkennen.

Heyfelder (*Annales d'oculist.*, 1. Band) hat drei Fälle von Monodiplopie veröffentlicht. Zwei davon betreffen Uhrmacher, von denen einer die Doppelbilder über einander, der andere neben einander wahrnahm. Sein dritter Fall betraf einen Negocianten, der ein sitzendes Leben führte, und eine sehr starke Lorgnette gebraucht hatte. Bei allen drei Individuen war bloss das rechte Auge afficirt.

Roosbroek (*Annales de la société des sciences med. et nat. de Bruxelles 1848*) erzählt von einer Dame, in deren rechtem Auge sich eine Katarakte bildete, welche erst durch eine sehr schwache bräunliche Trübung erkennbar war. Sie sah die Kerzenflamme in vierzehn Bildern, welche den 8.—10. Theil des Durchmessers der objectiven Flamme hatten, und in Gestalt einer Pyramide aufgestellt waren. Die falschen Bilder verschwanden augenblicklich, wenn die Kranke durch biconcave Gläser sah, es erschien dann ein einziges Bild von natürlichem Durchmesser und scharfer Begrenzung.

Guepin (*Annal. d'oculist.*, 6. Band) führt unter mehreren andern auch den eines greisen Doctors an, welcher an einer leichten Trübung beider Linsen litt, und in der Nähe sehr gut zum Lesen sah, ferne Gegenstände aber ganz confus wahrnahm. Fixirte er ein Object nur mit Einem Auge, so sah er in der Mitte des Gesichtsfeldes einen dunklen Ring, der ringsum von einer Anzahl sehr reiner und deutlicher Bilder des Objectes eingefasst war.

Ich übergehe die übrigen in den ophthalmologischen Schriften zerstreuten Fälle von Doppelt- und Mehrfachsehen, indem sie so oberflächlich untersucht und mit so unbestimmten Umrissen gezeichnet sind, dass sie zur Begründung einer Lehre von dem fraglichen Übel absolut unbrauchbar erscheinen. Ich will in dem Folgenden versuchen, die in den angeführten Fällen enthaltenen Daten zusammenzufassen, und so ein Bild zu entwerfen, welches den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnisse über Diplopia und Polyopia monocularis in möglichst scharfen Zügen abspiegelt, zugleich aber die Lücken erkennen lässt, deren Ausfüllung späteren Untersuchungen vorbehalten bleibt.

IV. Fundorte.

Es findet sich die Diplopie und Polyopie nur in Augen, in denen der Accommodationsapparat ungewöhnlich starke und andauernde Anstrengungen zu machen und den dioptrischen Apparat für Entfernungen einzurichten gezwungen war, bei denen die Vereinigung sämmtlicher Lichtstrahlen bei geringen Intentionen hinter die Netzhaut fällt. Dass dieses bei sehr nahen Gesichtsobjecten der Fall ist, ist allgemein bekannt, der Accommodationsmuskel muss hier alle Kraft aufbieten, um die Linse in die entsprechende Distanz von der Netzhaut nach vorne zu schieben; ein Gleiches gilt von den durch Teleskope, Mikroskope, durch übermässig scharfe Concavbrillen ins Auge gelangenden Lichtkegeln. Aber auch in Augen, deren Linse durch Operationen entfernt worden ist, kommt ein derartiges Verhältniss vor, das Auge ist nur für grosse Distanzen sich anzupassen fähig; die von einigermassen genäherten Objecten zum Auge gelangenden Strahlen werden nie vollständig und nur unter grossem Kraftaufwande zu einem undeutlich begrenzten nebligen Bilde auf der Netzhaut vereinigt. Operirte mit passenden Staargläsern werden nach meinen jetzigen Erfahrungen nicht diplopisch, indem ihnen die Brille die übermässige Anstrengung des Accommodationsmuskels entbehrlich macht; leicht einzusehen ist aber die Grösse der Aufgabe für dieses Organ bei Leuten, die, der Linse beraubt und keine Staarbrillen besitzend, fast ununterbrochen durch ihre Beschäftigung zur Betrachtung der sie zunächst umgebenden Objecte gezwungen sind. Aber auch unwillkürliche Contractionen des Accommodationsmuskels erzeugen Diplopie und Vervielfältigung der Bilder. Es ist die krampfhafte Zusammenziehung des von Brücke als Muskel erkannten Ciliarligamentes bei Lichtscheue so ziemlich constatirt, und meine Versuche mit Straboten haben es herausgestellt, dass in allen Fällen, in denen der Strabismus Folge der Contractur eines vom dritten Nervenpaare versorgten Augenmuskels ist, auch der Ciliarmuskel durch Verkürzung der Sehweite seine abnorme Spannung zu erkennen gebe. Dadurch vereinbaren sich nun alle Fälle von Diplopie, welche bei lichtscheuen Individuen, bei Straboten, bei Kataraktösen, bei linsenlosen Leuten, bei Myopen vorgekommen sind, leicht unter einem und demselben Gesichtspunkte, das Auftreten der Diplopie erscheint gebunden an übermässige und andauernde Intentionen des Accommodationsapparates. Auch jene Fälle von Diplopie, welche mit Trübungen, der Hornhaut, der Linse u. s. w. vergesellschaftet beobachtet wurden, sind einer derartigen Behauptung nicht entgegen, denn es ist Thatsache, dass das Auge bei gegebenen Hindernissen für den Durchgang der Lichtstrahlen diesen Mangel durch Anstrengungen seines Muskelapparates zu ersetzen strebt, selbst wenn derartige Thätigkeiten den Gesetzen der Optik nach ein deutlicheres Sehen zu veranlassen nicht fähig wären; ich erinnere hier bloss an die Anstrengungen, welche das Auge macht, um kleine Gegenstände in der Dunkelheit zur Wahrnehmung zu bringen. Spätere Erörterungen werden es herausstellen, auf welche Art und Weise die Thätigkeit des Ciliarmuskels eine Verdoppelung und Vervielfältigung der Netzhautbilder zu bedingen fähig werde.

V. Die Stellung der Bilder.

Unter den so eben angeführten Bedingungen werden statt Einem Bilde zwei, drei, fünf oder eine grosse Anzahl wahrgenommen. Diese Bilder gleichen in Bezug auf ihre Gestalt einander vollkommen, doch zeigen die Nebenbilder oft einige Differenzen in Rücksicht auf Grösse, Farbe und Begrenzung. Ist bloss Ein Nebenbild gegeben, so ist seine Stellung zum Hauptbilde in jedem einzelnen Auge wohl eine ganz bestimmte, doch in verschiedenen Fällen eine sehr verschiedene; es gibt keinen Punkt rings um das wahre

Bild, auf welchem das falsche Bild in einem Falle nicht auftreten könnte. Sind aber zwei falsche Bilder gegeben, so liegen sie nach den bisherigen Erfahrungen jederzeit an zwei einander gerade entgegengesetzten Seiten des Hauptbildes, und bei vier Nebenbildern steht das wahre Bild stets in der Mitte, so dass zwei und zwei Nebenbilder an einander entgegengesetzten Seiten des Hauptbildes zu liegen kommen. Sechs, acht u. s. w. Nebenbilder sind bisher noch nicht beobachtet worden, wohl aber eine grössere Anzahl derselben, gewöhnlich sind es nach den bisherigen Erfahrungen 16, und diese liegen immer rings um das wahre Bild, so dass das letztere von einem elliptischen Kranze von Bildern umgeben erscheint. In Roosbroek's Falle formirten die falschen Bilder nach der Angabe des Kranken eine Pyramide, gewichtige Gründe bestimmen mich jedoch eine Täuschung der Patientin zu vermuthen und zu glauben, die Nebenbilder seien in einer sehr gestreckten Ellipse aufgestellt gewesen, deren untere Hälfte wegen grosser Lichtschwäche der sie zusammensetzenden Bilder nicht wahrgenommen wurde.

Sind ein, zwei, vier Doppelbilder gegeben, so sind sie in allen Fällen so gelagert, dass sich alle entsprechenden Punkte der Neben- und des Hauptbildes stets durch eine gerade Linie, den Hauptschnitt, verbinden lassen, dessen Stellung zur verticalen Kopfaxe in verschiedenen Fällen verschieden, in jedem einzelnen Falle aber eine ganz constante ist, so zwar, dass der Hauptschnitt und die verticale Kopfaxe auf eine Ebene projicirt bei demselben Individuum unter allen Verhältnissen denselben Winkel einschliessen. Neigt sich die senkrechte Axe des Kopfes nach der rechten Schulter, so rückt der Hauptschnitt um eben so viel Grade nach rechts; neigt sich der Kopf gegen die linke Schulter, so beschreibt der Hauptschnitt eine Anzahl Grade eines Kreisbogens nach links; es besteht also ein gewisses Verhältniss zwischen der jeweiligen Lage der Doppelbilder und der senkrechten Kopfaxe, genauer ausgedrückt, mit der Lagerung des Auges in der Orbita. Die Lageveränderung des Hauptschnittes ist ähnlich den Bewegungen eines Uhrzeigers; das auf dem wahren Bilde aufstehende Ende desselben ist der fixe Punkt, um den herum sich der Hauptschnitt als Radius eines Kreises bewegt. Es ist klar, dass, wenn mehr als ein Nebenbild gegeben ist, die an entgegengesetzten Seiten des Hauptbildes gelegenen Nebenbilder sich nach entgegengesetzten Richtungen bewegen, denn sonst müsste der durch sämmtliche gleichnamige Punkte aller Bilder gelegte Hauptschnitt nothwendig eine winkelige Biegung annehmen, was nicht der Fall ist.

Der Winkel, den der Hauptschnitt der Doppelbilder mit der senkrechten Kopfaxe bei Projection beider auf Eine Ebene einschliesst, hat in meinem 2., 4., 5. Falle 45 Grad und ist nach rechts und oben geöffnet. In meinem 1. und 3. Falle, in Steinfeld's, in Szokalski's zweitem Falle ist der Winkel aber nach oben und links offen. In meinem linken Auge, in Prevost's und Babbage's Auge, so wie in dem einen Heyfelder'schen Falle steht der Hauptschnitt vertical, in dem zweiten Heyfelder'schen und dem dritten Falle Szokalski's wagrecht. In Steifensand's Auge ist der Winkel nach rechts und unten geöffnet. Decondé will das Nebenbild fast immer nach rechts, selten nach links beobachtet haben, was wohl der Behauptung einer Unabänderlichkeit der Stellung des Hauptschnittes widerspricht, doch steht bei der Ungenauigkeit seiner Untersuchungsmethode, bei der leichten Verwechslung des wahren und falschen Bildes, bei dem Einflusse der jeweiligen Lage der senkrechten Kopfaxe die Lösung dieses Räthsels in einer stattgehabten Täuschung zu vermuthen. Wichtiger ist Prevost's Angabe, nach der bei Annäherung eines Convexglases an das Auge das vertical über dem Hauptbilde stehende Nebenbild sich in eine wagerechte Linie zu dem erstern stellte. Diese Ausnahme weiss ich bis jetzt nicht zu deuten.

Der Umstand, dass im Falle beide Augen diplopisch sind und ein Object mit beiden fixirt wird, nicht drei Bilder, sondern nur zwei gesehen werden, stellt es mit Bestimmtheit heraus, dass in solchen Fällen die Hauptschnitte in beiden Augen einen gleichen Winkel mit der senkrechten

Kopfaxe einschliessen, jedoch nach entgegengesetzten Seiten, denn nur so ist es möglich, dass die Nebenbilder in beiden Netzhäuten identische Stellen treffen und dem Gehirne den Eindruck eines einzigen Nebenbildes mittheilen.

Anscheinend andern Gesetzen unterworfen, zeigen sich für den ersten Augenblick die Nebenbilder bei Polyopie. Es ist die Analogie dieser Bilder mit den Nebenbildern bei Diplopie, Triplopie, Pentalopie aus Mangel an ganz genauen Untersuchungen bis jetzt noch nicht nachweisbar. Ich glaube mich aber nicht zu täuschen, wenn ich auch für diese Erscheinungen ganz ähnliche Gesetze voraussetze, und je zwei einander gerade entgegengesetzte Bilder als in wechselseitiger Relation bestehend betrachte, so zwar, dass hier je nach der Anzahl der Nebenbilder eine Menge von Hauptschnitten existirt, deren Jeder zwei einander diagonal entgegengesetzte Bilder in dem elliptischen Kranze mit einander verbindet und das Centrum des Hauptbildes schneidet. Für 16 Nebenbilder hätte man also 8 Hauptschnitte, die sämmtlich durch das Hauptbild gehen, und wahrscheinlich in ganz bestimmten unwandelbaren Verhältnissen zu einander, und in constanten Winkelabständen zu der senkrechten Kopfaxe stehen. Die Schwierigkeit in der Beweisführung für diese Ansicht liegt hauptsächlich in der leichten Verwechslung der einzelnen Bilder unter einander. Es ist beinahe unmöglich, deren Kreisbewegung um das Hauptbild bei Seitenbewegungen des Kopfes bestimmt zu beobachten. Indessen dürften hier die Lageveränderung der langen Axe in der Bilderellipse bei Seitenwendungen des Kopfes, die Versuche mit Spaltöffnungen und deren Verschiebungen, so wie mit Polarisations-Instrumenten sehr leicht zur gewünschten Aufklärung führen.

VI. Gesichtswinkel der Bilder.

Von ausserordentlicher Wichtigkeit ist auch die jeweilige Entfernung der Nebenbilder von dem Hauptbilde, schon Prevost und Babbage haben dieselbe aus der Grösse des Gesichtswinkels, unter welchem beide Bilder gegenseitig zu einander wahrgenommen werden, mittelbar bestimmt, dieser betrug bei Babbage 12′, bei Prevost 11′. Babbage hatte sich zu dieser Berechnung eines, am Meeresufer stehenden Felsens bedient, dessen Doppelbilder er durch landeinwärtige Entfernung von demselben so weit aus einander rückte, dass der Fuss des Felsens im Nebenbilde gerade auf der Spitze des Felsens im wahren Bilde aufsass. Aus der bekannten Höhe des Felsens und der bekannten Entfernung von dem Felsen fand er nun die Grösse des Sehwinkels und zugleich die Grösse der Entfernung beider Bilder. Er vermuthet, dass der Winkel unter allen Entfernungen ein ganz gleicher sei, oder was dasselbe ist, dass der Abstand beider Bilder mit der Entfernung des Objectes im geraden Verhältnisse wachse.

Meine Erfahrungen stellen aber heraus, dass die Grösse des Winkels, unter welchem die Doppelbilder wahrgenommen werden, bei demselben Individuum und bei gleicher Distanz des Objectes nicht immer dieselbe sei, es geht aus meinen Beobachtungen vielmehr hervor, dass die Grösse des Winkels auch von der jeweiligen Accommodationsweite des diplopischen Auges abhänge und mit der Hereinrückung des Fernpunktes wachse. Man kann sagen, der gegenseitige Abstand beider Doppelbilder wachse und falle mit der Differenz zwischen der jeweiligen Distanz des Fernpunktes und der Entfernung des Objectes vom Auge. Bleibt die Accommodationsweite des Auges dieselbe, so ändert sich auch der Winkel nicht, unter dem die Doppelbilder gesehen werden, und der gegenseitige Abstand der Doppelbilder wächst bloss mit der Entfernung des Objectes; bei gleicher Entfernung wird aber der gegenseitige Abstand der Bilder und mit ihm der genannte Winkel um so mehr vergrössert, als der Fernpunkt des Auges genähert wird, je kurzsichtiger das Auge wird. Entsprechend diesen Verhältnissen kann daher auch durch willkürliche Verkürzung der Sehweite bei gleichbleibender Distanz der Objecte der Winkel vergrössert werden.

unter welchem die Doppelbilder erscheinen, es treten dieselben um so mehr aus einander, als durch willkürliche Intentionen des Accommodationsapparates die Krystall-Linse für kürzere Distanzen eingestellt wird.

Diese willkürliche Verkürzung der Sehweite gelingt für Augenblicke bei nur einiger Übung im Experimentiren sehr leicht, ohne dass es dabei nöthig wäre, ein zweites Gesichtsobject gleichzeitig mit dem in Doppelbildern wahrgenommenen Gegenstande zu fixiren. Anders aber ist es, wenn dieser Zustand des Auges fixirt werden soll. Jeder, der solche Versuche gemacht hat, wird beobachtet haben, dass es sehr schwierig sei, ohne Fixation eines zweiten Objectes den Accommodationsapparat für eine kürzere Distanz dauernd einzustellen, während er gleichzeitig das Bild eines fernern Objectes im Auge behält. Man findet stets bei derartigen Experimenten, dass das fernere Object bald deutlicher, bald nebliger wahrgenommen wird, und es etablirt sich ganz wider den Willen des Experimentators ein gewisses Schwanken in dem Bilde des fernen Objectes zwischen grösserer und geringerer Intensität seiner Beleuchtung, schärferer und unbestimmterer Begrenzung seiner Umrisse; kurz gesagt, mit solchen willkürlichen Verkürzungen der Sehweite ohne Fixation eines nahen Objectes stellt sich eine Art oscillirender Veränderung in der Accommodationsweite ein, und diese Schwankungen sind um so auffallender, je grösser die Differenz zwischen der intendirten Accommodationsweite und der Distanz des ferneren Objectes ist. Diese Oscillationen beobachten eine Art Rhythmus, der jedoch nicht ganz gleichmässig, bald schneller, bald langsamer ist und oft für Momente ganz unterbrochen wird, im Allgemeinen aber die grösste Ähnlichkeit mit dem Rhythmus der Bewegungen des Pupillarrandes der Iris erkennen lässt, wenn das Auge für sehr glänzende oder übermässig kleine und nahe Objecte eingestellt wird. Ganz entsprechend diesen Schwankungen in der willkürlich ohne Fixation eines nahen Objectes verkürzten Sehweite werden nun mitunter auch Oscillationen der Doppelbilder im diplopischen Auge wahrgenommen, und dieses Phänomen tritt besonders gern nach sehr intensiven Anstrengungen des Auges auf. Es kann unter solchen Verhältnissen oft ganz willkürlich hervorgebracht werden, wenn das Auge bei Fixation des objectiven Streifens rasch für sehr kurze Distanzen accommodirt wird. Es nähert sich dann das falsche Bild dem wahren, und entfernt sich wieder von demselben, es oscillirt in der Richtung des Hauptschnittes auf und nieder, die Grösse dieser Excursionen beträgt bei einem Abstand beider Doppelbilder von 1″ aber niemals mehr als 1—2 Linien. Der Rhythmus dieser Bewegungen des falschen Bildes lässt über deren directen Zusammenhang mit den Schwankungen in der intendirten Accommodationsweite absolut keinen Zweifel zu. Es dürfte die Abhängigkeit des Sehwinkels, unter dem die Nebenbilder relativ zum Hauptbilde im diplopischen Auge gesehen werden, von der jeweiligen Differenz zwischen der Accommodationsweite des Auges und der Distanz des Objectes nach dem so eben Erörterten also in Evidenz gesetzt sein, es erübrigt nur noch das Verhältniss zu bestimmen, in welchem eben diese Differenz mit der Winkelgrösse steht.

Mathematisch genaue Resultate lassen sich bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse durchaus nicht erzielen. Directe Messungen des Winkels durch an Sextanten befestigte Fernröhre sind unmöglich, indem bei richtiger Einstellung des Fernrohres die Doppelbilder in Eines vereint werden. Berechnungen des Winkels unterliegen aber grossen Schwierigkeiten, indem uns noch immer einer der wichtigsten Anhaltspunkte mangelt, nämlich die Kenntniss des optischen Mittelpunktes im dioptrischen Apparate des Auges. Ohne genaue Bestimmung der Lage dieses Punktes ist es ganz unmöglich, die Höhe jenes gleichschenkeligen Dreiecks anzugeben, welches von den im optischen Mittelpunkte sich kreuzenden Axenstrahlen gebildet wird, und mit seiner Basis auf der Netzhaut aufsteht. Mit der Unmöglichkeit dieser Bestimmungen fällt aber auch die Möglichkeit, die Grösse der Netzhautbilder bei verschiedener Distanz des Objectes mathematisch genau zu erörtern und das Verhältniss zu eruiren, in welchem der Winkel,

unter welchem beide Doppelbilder gesehen werden, mit den Entfernungen des Gesichtsobjectes wächst oder abnimmt. Bei dem Mangel genauer wissenschaftlicher Daten dürften indessen annäherungsweise Bestimmungen nicht ganz ohne Werth sein, und ich glaube, man werde diesen den nachfolgenden Berechnungen nicht ganz abläugnen, um so weniger als sie mit Evidenz Babbage's Meinung widerlegen, als sei der Winkel, unter welchem die Doppelbilder im diplopischen Auge gesehen werden, für alle Distanzen und für alle Verhältnisse ein constanter unabänderlicher.

Ich sehe nach minder intensiven Anstrengungen des Auges die Doppelbilder des queren Streifens bei 4′ Ferne gerade über einander, sich gegenseitig berührend, das falsche Bild ist um die wahrgenommene Breite des objectiven Streifens, das ist um eine Linie, hinauf gerückt. Bei einer Distanz von 15′ steht das falsche Bild aber $^1/_2$″, d. i. um den dritten Theil der wahrgenommenen Länge des objectiven Streifens, über dem wahren Bilde. Bei Berücksichtigung der Krause'schen Messungen glaube ich keinen grossen Fehler zu begehen, wenn ich den Abstand des optischen Mittelpunktes von dem gelben Flecke der Netzhaut, somit die Höhe des oben erwähnten Dreieckes edf, (Fig. XII) auf 7‴.38 schätze. Bedenkt man, dass Beschränkung der Accommodationsthätigkeit des Auges eine Hautcomplication der Pleiopie ist, so ist leicht einzusehen, dass dieser Abstand bei den Distanzveränderungen der Objecte wenig oder gar keinem Wechsel unterworfen sei, die Höhe jenes Dreieckes sofort für alle Verhältnisse als eine gleichbleibende betrachtet werden könne.

Bei einer Entfernung von 4′ ist das von dem $1^1/_2$″ langen Streifen ac auf der Netzhaut erzeugte Bild ef wegen der Ähnlichkeit der Dreiecke adc und adf 0‴.2298 lang, denn nimmt man den optischen Mittelpunkt des Auges 2‴ hinter der Cornealoberfläche gelegen an, so ist

$$ef = \frac{ac \times dg}{db} = \frac{18 \times 7{\cdot}38}{576+2} = 0'''.2298.$$

Bei dieser Entfernung erscheinen mir aber unter den erwähnten Verhältnissen die entsprechenden Punkte der Doppelbilder um 1‴, d. i. um den 18. Theil der wahrgenommenen Länge des objectiven Streifens, von einander abstehend, es müssen demnach die Doppelbilder auf der Netzhaut um 0‴.01276 aus einander stehen. Bezeichnet man mit Beibehaltung obiger Figur den Zwischenraum beider Doppelbilder mit ef, so ist

$$\frac{ef}{2dg} = \text{tang. } {}^1/_2\, \alpha$$

wenn α den Gesichtswinkel bedeutet, unter welchem beide Bilder gesehen werden und

$$\alpha = 0^0, 5' \, 57''.$$

Die nachstehende Tabelle macht die Gesichtswinkel ersichtlich, unter welchen mein linkes, diplopisches Auge und die übrigen von mir beobachteten pleiopischen Augen die Doppelbilder wahrnehmen. Die Berechnungen wurden allenthalben nach dem vorstehenden Muster gemacht und ihre Richtigkeit steht im Verhältnisse zur Richtigkeit der Annahme des optischen Mittelpunktes des Auges in einer Entfernung von 7‴.38 vor dem Centrum der Netzhaut.

Fälle.		Distanz d. Objectes von dem optischen Mittelpunkte des Auges	Länge d. Netzhautbildes in Linien	Gegenseitiger Abstand der Bilder auf der Retina in Linien	Winkel, unter welchem die Bilder gesehen werden.
Mein linkes Auge nach geringer Anstrengung		578‴	0·2298	0·01276	0° 5' 57"
		2162‴	0·06144	0·02048	0° 10' 0"
Mein linkes Auge nach anhaltenden intensiven Anstrengungen		434‴	0·3060	0·0170	0° 7' 55"
		866‴	0 1534	0·02556	0° 11' 54"
		2162‴	0·06144	0·04096	0° 19' 6"
1. Fall		722‴	0·1839	0·02043	0° 9' 21"
		1730‴	0·07678	0·05118	0° 23' 51"
2. Fall		578‴	0·2298	0·02554	0° 11' 54"
		1298‴	0·1023	0·0682	0° 31' 46"
3. Fall	rechtes Auge	506‴	0·2625	0·05834	0° 27' 11"
		836‴	0·1588	0·05293	0° 24' 40"
	linkes Auge.	2162‴	0·06144	0·04096	0° 19' 6"
4. Fall (Triplopie)	für das obere Nebenbild	7 2‴	0·1839	0·05108	0° 23' 50"
		578‴	0·2298	0·02533	0° 11' 48"
		434‴	0·3060	0·0168333	0° 6' 51"
	für das untere Nebenbild	722‴	0·1839	0·3678	2° 51' 5"
		578‴	0·2298	0·3447	2° 40' 3"
		434‴	0·3060	0·3060	2° 22' 30"
		290‴	0·4580	0·15266	1° 11' 5"
		146‴	0·9098	0·10109	0° 47' 10"

Was von dem falschen Bilde bei der Diplopie gilt, gilt auch für das zweite Nebenbild in der Triplopie. Auch in Bezug auf dieses wächst der Winkel, unter welchem es zum Hauptbilde gesehen wird, mit der Grösse der Differenz zwischen der jeweiligen Accommodationsweite und der Distanz des Objectes, wie die Berechnungen des 4. Falles beweisen. Doch ist der Gesichtswinkel für das zweite Bild constant ein viel kleinerer, als für das erste Nebenbild. Es ist daher sehr leicht erklärlich, warum die Triplopie stets nur bei relativ grösseren Distanzen des Objectes und unter sehr gesteigerten Bedingungen zur Vervielfältigung der Bilder im Auge, bei sehr bedeutender Kurzsichtigkeit, auftrete, denn nur unter solchen Verhältnissen ist die Differenz zwischen der jeweiligen Accommodationsweite und der Distanz des Objectes, und in Folge dessen die Grösse des Sehwinkels der Bilder eine hinlängliche, um das zweite Nebenbild von dem Hauptbilde zu sondern.

Ob nun auch ein gleiches Gesetz für p e n t a l o p i s c h e Augen bestehe, ist durch directe Erfahrungen bis jetzt noch nicht nachgewiesen, ich zweifle jedoch keinen Augenblick daran. — Für den ersten Augenblick scheint zwar das Auftreten von vier Nebenbildern an andere Bedingungen gebunden, wenn man in meinem 5. Falle den Umstand berücksichtigt, dass eben die Verfünffachung des Bildes an die Seitwärtsneigung des Kopfes gebunden war, doch dürfte sich auch hier ein ähnliches Begründungsmoment herausfinden lassen, wie bei Triplopie. Es dürfte nicht schwer sein, auch hier das Hervortreten der vier Nebenbilder an eine Steigerung der Bedingungen zur Vervielfältigung der Bilder zu knüpfen, und deren Wahrnehmung als

Folge einer Vergrösserung der Differenz zwischen Accommodationsweite und Entfernung des Objectes zu betrachten, denn ein einfacher Versuch mit auf die Achsel gelegtem Kopfe wird Jedermann überzeugen, welche Anstrengung das Auge zu machen gezwungen ist, um unter solchen Verhältnissen ein Object zu fixiren. Das Auge ermüdet leicht und schmerzt, ein deutlicher Beweis der nicht unbedeutenden associirten Zusammenziehungen der Augenmuskeln, welche von den gleichen Nerven mit dem Accommodationsapparate des Auges versehen werden. Die tägliche Erfahrung lehrt es, dass jeder Mensch, sobald er sehr kleine und daher dem Auge sehr nahe zu haltende Objecte genau zu betrachten gezwungen ist, somit seinen Accommodationsmuskel stark intendirt, den Kopf pendelartig hin- und herbewegt, selbst wenn der Gegenstand eine einzige Fläche hat. Sollte die associirte Bewegung der Halsmuskeln bei übermässiger Intention des Accommodationsapparates in einem ähnlichen Verhältnisse beihelfend wirken, wie die trippelnde Bewegung der untern Extremitäten bei übermässiger Anstrengung des Sphincter vesicae et ani? Mir dünkt es nach Allem sehr wahrscheinlich. Steht aber der Accommodationsmuskel mit den Halsmuskeln in einem solchen Rapporte und sind forcirte Anstrengungen der letzteren im Stande den ersteren zu kräftigen Zusammenziehungen zu bestimmen, so lässt sich eine Veränderung der Accommodationsweite bei Seitwärtsneigungen des Kopfes nicht läugnen; es gilt auch hier der Satz, dass Pentalopie unter gesteigerten Bedingungen zur Diplopie auftrete und folgerecht der Sehwinkel der vier Nebenbilder mit der Differenz zwischen der Sehweite und der Distanz des Objectes in Abhängigkeitsverhältnissen stehe.

Noch weit mangelhaftiger sind unsere Kenntnisse über Polyopie, und annäherungsweise Bestimmungen der Sehwinkel der einzelnen falschen Bilder sind bis jetzt noch ganz unmöglich. Ein Wachsen des wahrgenommenen Abstandes der falschen Bilder von dem centralen Hauptbilde ist durch directe Beobachtungen noch gar nicht dargethan, doch ist es sehr wahrscheinlich aus dem Umstande, dass sich bei Anwendung zweckmässiger Brillengläser die falschen Bilder dem wahren nähern und bei ganz passenden Gläsern mit dem Hauptbilde zu Einem vereinen. Diese Thatsache lässt mit Grund mit vermuthen, dass auch hier in Bezug auf die Grösse des Sehwinkels der einzelnen falschen Bilder die Differenz zwischen der jeweiligen Accommodationsweite und der Distanz des Objectes eine sehr wichtige Rolle spiele. Sicher ist, dass der Gesichtswinkel für die verschiedenen falschen Bilder ein sehr verschiedener sei, denn sonst müssten die falschen Bilder um das wahre in einem Kreise gestellt erscheinen; sie formiren aber einen elliptischen Kranz, dessen lange Axe in einem ähnlichen constanten Lagerungsverhältnisse zur jeweiligen Stellung der verticalen Kopfaxe steht, wie der Hauptschnitt der Doppelbilder bei Diplopie. Aus der Stellung der falschen Bilder in Gestalt einer Ellipse um das wahre Bild ist ersichtlich, dass die in die Richtung der langen Axe fallenden falschen Bilder den grössern Gesichtswinkel für sich haben, dass dieser Winkel aber verhältnissmässig zur Grösse der Neigung abnehme, welche die bezüglichen Hauptschnitte der Nebenbilder zur kleinen Axe der Ellipse zeigen, und dass endlich der Gesichtswinkel für die in die Richtung der kleinen Axe der Ellipse fallenden Nebenbilder der relativ kleinste sei.

Nach dem bis jetzt Mitgetheilten dürfte eine Erklärung des Umstandes ganz überflüssig sein, warum bei Doppelt-, Dreifach- und Fünffachsehen einzelne Objectstreifen einfach erscheinen, während alle Andern Nebenbilder aufweisen, warum ich z. B. bei verticaler Richtung meiner senkrechten Kopfaxe den senkrechten Streifen einfach, alle andern in zwei bis drei Bildern sehe, und warum bei Neigung des Kopfes nach rechts um 45° der schräge, nach rechts aufsteigende, Streifen einfach, die übrigen Streifen doppelt wahrgenommen werden, warum Punkte unter jeder Neigung des Kopfes mit Nebenbildern auftreten. Es wird Jedermann leicht einsehen, dass dieses eine nothwendige Folge der unveränderlichen Beziehung der Lage des Hauptschnittes zur jeweiligen Stellung der senkrechten Kopfaxe sei, wodurch es geschieht, dass sich die Doppelbilder theilweise decken müssen, sobald der der Sehweite und der Distanz des Objectes

entsprechende Abstand der Doppelbilder ein geringerer, als die Grösse eines gewissen Durchmessers des Objectes ist, welcher Durchmesser gerade mit der, einer gewissen Neigung des Kopfes zugehörigen Richtung des Hauptschnittes zusammenfällt. Ist bei einer bestimmten Accommodationsweite und einer bestimmten Distanz des Objectes der wahrgenommene Abstand der Doppelbilder ein grösserer, als sämmtliche wahrgenommene Durchmesser des Objectes, so muss das Bild unter allen Neigungen des Kopfes von einem Nebenbilde begleitet sein. Ist der wahrgenommene Abstand der Doppelbilder ein geringerer, als ein Durchmesser des Objectes, welcher gerade mit der Richtung des Hauptschnittes zusammenfällt, so muss das Bild einfach aber eben in dieser Richtung verlängert erscheinen.

VII. Einfluss optischer Instrumente.

Ganz besonders wichtig in Bezug auf die Lehre vom Doppelt- und Mehrfachsehen mit Einem Auge ist das Verhalten der Nebenbilder bei Bewaffnung des Auges mit Brillen, Fernröhren und Mikroskopen. Durch keine anderen Versuche lässt sich mit solcher Evidenz die Abhängigkeit des Gesichtswinkels der Nebenbilder von der Differenz zwischen der Sehweite und zwischen der Distanz des Objectes darthun, als durch genaue Experimente mit den genannten optischen Instrumenten, denn aus diesen Versuchen stellt sich mit Gewissheit heraus, dass der Sehwinkel der Nebenbilder abnehme, wenn die gebrauchten Gläser die angegebenen Differenzen zu verringern im Stande sind, im Gegentheil aber wachse und selbst Drei- oder Fünffachsehen zu erzeugen im Stande sei, falls durch diese Apparate die Differenz zwischen der künstlich hervorgebrachten Accommodationsweite und der Distanz des Objectes vermehrt wird.

Der Einfluss, den die Anwendung von Brillengläsern auf die Grösse des Winkels ausübt, unter dem die Doppelbilder gesehen werden, erklärt sich nun sehr leicht aus der nachstehenden Betrachtung. Bei der Diplopie ist in der Regel Kurzsichtigkeit vorhanden, welche letztere Folge der Fixation der Linse in einer für das Nahesehen geeigneten Stellung ist, das Auge hat die Fähigkeit verloren, sich für grössere Distanzen zu accommodiren, die Linse steht zu weit nach vorn, als dass Strahlen aus entfernteren Objecten auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen könnten. Nehmen wir nun an, das diplopische Auge sehe auf 12″ Distanz rein und scharf, und es werden somit Strahlen, aus dieser Ferne kommend, auf der Netzhaut zu scharfen Bildern vereinigt. Es sei ferner der optische Mittelpunkt des dioptrischen Apparates im Auge 7‴.38 von der Netzhaut entfernt und fixirt, eine Annahme, die wohl nicht für alle Fälle vollkommen richtig ist, die aber (nach Krause's Messungen und in Berücksichtigung der Massverschiedenheiten in verschiedenen Augen) als in einzelnen Fällen vorkommend, vorausgesetzt werden kann. Bezeichnet man mit f den Brennpunkt des dioptrischen Apparates, mit a die Vereinigungsweite der Strahlen hinter dem optischen Mittelpunkte und mit b die Distanz des Objectes vom optischen Mittelpunkte, so ist

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

d. i. der reciproke Werth der Brennweite ist gleich der Summe der reciproken Werthe der Vereinigungsweite der Strahlen und der Objectsdistanz. Aus obiger Gleichung folgt:

$$f = \frac{ab}{a+b} = 7'''.02.$$

Unter solchen Umständen ist die Brennweite des Auges 7‴.02. Ist der optische Mittelpunkt des Auges fixirt, so müssen die Strahlen aus unendlicher Ferne kommend 0‴.36 vor der Netzhaut zur Vereinigung in ein Bild gebracht werden. — Für eine Distanz des Objectes von 15′ ist

$$a = \frac{fb}{b-f} = 7'''.04.$$

Hier fällt die Vereinigungsweite der Strahlen schon näher der Netzhaut, indem sie 0‴.02 länger ist, als in vorigem Falle. Für eine Distanz von 4′ ist die Vereinigungsweite der Strahlen hinter dem optischen Mittelpunkte 7‴.10 und 0‴.08 hinter dem Brennpunkte. Mit der Annäherung des Objectes nimmt also die Differenz zwischen der dieser Objectsdistanz entsprechenden Vereinigungsweite des Strahlenkegels und zwischen dem Abstande des optischen Mittelpunktes von der Netzhaut ab. Durch Anwendung von Concavbrillengläsern wird nun diese Differenz in ganz bedeutendem Masse verringert.

Nennt man nämlich die negative Brennweite des zerstreuenden Glasmeniscus p, die negative Vereinigungsweite der sie passirenden Strahlen α und die Distanz des Objectes β, so hat man bei einer Entfernung β von 15′ und einer Concavbrille von 48″ Brennweite

$$\alpha = -\left(\frac{p\beta}{\beta+p}\right) = 37''.9.$$

Nimmt man den Abstand der Brille von dem Auge gleich 1″, so fallen die Strahlen unter Winkeln auf die Hornhaut, als wären sie von einem 38″.9 entfernten Objecte ausgegangen und es ist daher erklärlich, dass die Doppelbilder des Objectes dem diplopischen Auge nahezu so erscheinen, wie im unbewaffneten Zustande des Auges bei einer Distanz des Objectes von 4′.

Verkehrt verhalten sich die durch Sammellinsen zum Auge gelangenden Strahlenkegel, durch diese Linsen wird die genannte Differenz vergrössert, und dem entsprechend auch der Abstand der Doppelbilder vermehrt; so sehe ich durch Convexgläser von 30″ Brennweite auf 15′ Distanz nach geringeren Intentionen des Auges die Doppelbilder 1″ von einander abstehend, nach stärkeren Anstrengungen des Auges aber werden durch Convexgläser von 18″ Brennweite die vier Fuss entfernten Streifen schon in 1″ weit von einander getrennten Doppelbilder wahrgenommen, d. h. dasselbe Verhältniss herbeigeführt, als hätte das diplopische Auge unter solchen Umständen ohne Brillen einen 15′ entfernten Streifen fixirt. Im ersteren Falle, d. i. bei Anwendung einer Convexbrille von 20″ Brennweite, und bei 15′ Distanz des Objectes hat man für die Vereinigungsweite der die Brillen passirenden Strahlen

$$\alpha = \frac{\beta p}{\beta - p} = 36''.$$

Rechnet man den Abstand des Brillenglases = 1″ ab, so fallen die Strahlen unter Winkeln auf die Cornea, als kämen sie von einem 418‴ hinter dem optischen Mittelpunkte des Auges gelegenen Objecte, sie treffen die Hornhaut convergirend und b ist negativ. In Bezug auf das Auge ist also

$$a = \left(\frac{fb}{b+f}\right) = 6'''.90.$$

Der Vereinigungspunkt solcher Strahlen ist also um 0‴.12 dem optischen Mittelpunkte des Auges näher, als unter gleichen Umständen die Brennweite des dioptrischen Apparates es ist, die Differenz zwischen dem Abstande der Netzhaut und dem Abstande des Vereinigungspunktes der Strahlenkegel ist also grösser, als sie es bei unbewaffnetem Auge und unendlich weit entferntem Gesichtsobjecte jemals werden könnte, und demgemäss hat auch der Sehwinkel der Doppelbilder eine Grösse erreicht, wie er sie unter gleichen Umständen bei unbewaffnetem Auge nie erreichen könnte.

Im zweiten Falle hat man

$$\alpha = \frac{\beta p}{\beta - p} = 28''.8.$$

Rechnet man als Abstand der Linse vom Auge 0‴.8, so fallen die Strahlen unter Winkeln auf die Cornea, als kämen sie von einem Punkte, der 333‴.4 hinter dem optischen Mittelpunkte des Auges gelegen ist. Es ist in Bezug auf das Auge wieder

$$a = +\frac{fb}{b+f} = 7'''.17.$$

Auch hier hat also die Differenz zwischen dem Abstande der Netzhaut und der Vereinigungsweite der Strahlen von dem optischen Mittelpunkte des Auges in einem Grade zugenommen, der die Differenz der Abstände bei unbewaffnetem Auge übertrifft, und es ist daher die bedeutende Vergrösserung des Sehwinkels der Doppelbilder nicht wunderbar.

Schon in dem Vorhergehenden habe ich behauptet, dass Triplopie und Pentalopie mit der Diplopie ganz gleichen Gesetzen unterworfen sei, und das erstere eigentlich nur als ein höherer Grad des Doppelsehens betrachtet werden müsse, indem selbe unter gesteigerten Bedingungen zur Diplopie aufzutreten pflegt. Das Auftreten der Triplopie und der Pentalopie in diplopischen Augen bei Anwendung stärkerer Convexgläser ist nun ganz geeignet, diesen Satz ins klare Licht zu setzen, denn sie erscheinen hier als eine Folge der Vergrösserung der Differenz zwischen den Abständen der Vereinigungsweite der ins Auge fallenden Strahlenkegel und der Netzhaut von dem optischen Mittelpunkte. Bei geringen Differenzen erscheinen die Objecte in Doppelbildern, bei grössern Differenzen in drei oder fünf Bildern. Ob bei Polyopie gleiche Verhältnisse obwalten, lässt bis jetzt sich nur vermuthen, nicht entscheiden.

Einer ganz besondern Erwähnung verdienen hier noch Prevost's Versuche mit Brillengläsern, weil sie anscheinend den so eben aufgestellten Behauptungen widersprechen oder doch mit denselben nicht übereinstimmen. Prevost sieht nämlich schon auf 8″ entfernte Schriftzüge doppelt und die Doppelbilder $^{1}/_{2}$‴ von einander entfernt. Betrachtet er passende Objecte durch ein, nahe an letztere gehaltenes, Convexglas, so sieht er zwei Bilder ganz ähnlich wie mit freiem Auge, nähert er das Glas dem Auge, so werden die Doppelbilder kleiner und fliessen bei einer gewissen Distanz des Glases vom Objecte und vom Auge in ein nebliges zusammen, nähert er noch mehr das Glas dem Objecte, so treten die Doppelbilder wieder aus einander, und zwar im Verhältnisse zur steigernden Annäherung, die vorhin über einander stehenden Bilder liegen jetzt aber in einer horizontalen Linie neben einander. Nimmt man den optischen Mittelpunkt in seinem Auge 7‴.38 vor der Netzhaut fixirt, und seine deutliche Sehweite gleich 6″, so ist

$$f = \frac{ab}{a+b} = 6'''.70.$$

Es sei nun ein Object zwei Fuss von dem Auge entfernt gewesen. Unter den angeführten Verhältnissen muss nach den oben mitgetheilten Gleichungen das Bild 0‴.53 vor der Netzhaut zu Stande kommen, denn es ist

$$a = \frac{fb}{b-f} = 6'''.85.$$

Er habe nun ein Convexglas von 10″ Brennweite angewandt, und selbes auf 4″ dem Objecte genähert, die Vereinigung der auf das Glas fallenden Strahlenkegel findet, da

$$\alpha = \frac{p\beta}{\beta - p} = 80''' \text{ ist,}$$

80‴ vor der Linse statt, für das 2′ von dem Objecte entfernte Auge scheinen die Strahlen demnach von einem 2′ 2″ 8‴ entfernten Objecte zu kommen und das Bild derselben im Auge wird, da

$$a = \frac{fb}{f-b} = 6'''.90 \text{ ist,}$$

6‴.9 hinter dem optischen Mittelpunkte zu Stande kommen. Es sieht Jedermann bei Vergleichung dieses Resultates mit dem bei unbewaffnetem Auge Gewonnenen ein, dass die Lichtbrechungsverhältnisse des Auges in beiden Fällen sehr wenig Unterschiede darbieten können, und Prevost's Beobachtung, dass starke Annäherung des Convexglases an das Auge nahebei dieselben Erscheinungen hervorrufe, wie bei unbewaffnetem Auge, lässt sich daher mathematisch leicht begründen.

Ganz anders verhält es sich aber mit seiner Angabe, als würden bei Annäherung des Glases an das Auge die Doppelbilder kleiner und als flössen sie bei einer gewissen Distanz der Glaslinse in Ein Bild

zusammen. Es können hier unmöglich dieselben Verhältnisse obwalten, als hätte er das Object selbst in die deutliche Sehweite des unbewaffneten Auges gebracht, denn diese ist nahezu 6″, man möge die Sammellinse jedoch, in dem gegebenen Raume zwischen Object und dem davon 2′ weit entfernten Auge, stellen wohin man will, eine Vereinigung der Strahlen auf 6″ Distanz vom Auge ist absolut unerreichbar; steht die Linse näher an dem Objecte an, als ihre Brennweite betrifft, so wird der Vereinigungspunkt der die Linse passirenden Strahlen jenseits des Objects hinausgerückt; stehen Object und Linse um deren Brennweite aus einander, so kommen parallele Strahlen ins Auge, bei grösserer Annäherung an das Auge aber treffen schon convergirende Strahlen auf die Cornea, deren Vereinigung durch den dioptrischen Apparat des Auges kommt also noch diesseits des Brennpunktes der lichtbrechenden Augenmedien zu Stande, es müssen demnach die Doppelbilder weiter aus einander stehen, als bei Betrachtung des gleichweit entfernten Objectes mit freiem Auge. Nach allem diesem ist daher mit der grössten Wahrscheinlichkeit zu vermuthen, dass bei Prevost durch die Anwendung convexer Glaslinsen und deren Annäherung an das Auge die Doppelbilder so weit aus einander gerückt wurden, dass das zweite ohnehin lichtschwächere Bild von den empfindungsschwachen Seitentheilen der Netzhaut nicht mehr percipirt werden konnte, und dieses um so weniger, als es nothwendig in enorm grossen Zerstreuungskreisen auf die Netzhaut fallen musste, denn nach obigen Rechnungen ist in Prevost's Auge der Brennpunkt 0‴.68 von der Retina entfernt, die Vereinigung der unter den genannten Verhältnissen ins Auge kommenden Strahlen müsste aber noch näher dem optischen Centrum und von der Netzhaut entfernter Statt finden. Da schon bei 8″ Ferne Prevost Doppelbilder unter einem Winkel von 0^0 12′ sieht, dieser Winkel aber im Verhältnisse zur Annäherung des Vereinigungspunktes der ins Auge fallenden Strahlenkegel an den optischen Mittelpunkt wächst, dürfte die Richtigkeit meiner Annahme wohl keinem Zweifel unterliegen.

Das Wiederauftreten der Doppelbilder bei noch grösserer Annäherung der Glaslinse an das Auge findet einzig und allein darin eine einigermassen genügende Erklärung, dass unter solchen Umständen durch die so nahe stehende Pupille nur Centralstrahlen ins Auge gelangen, die fast ungebrochen, also beinahe parallel ziehend, aus der Glaslinse kommen; die convergirenden Seitenstrahlen werden bei starker Annäherung des Glases an das Auge durch die Iris abgeschnitten. Einzig und allein auf diese Weise erkläre ich mir auch die sonderbare Beobachtung Szokalski's vom Dreifachsehen bei Anwendung einer Brille von 11″ negativer Brennweite.

Es kann nach dem Vorausgeschickten keinem mit den Gesetzen der Optik nur einigermassen Vertrauten das Verschwinden der Doppelbilder bei Betrachtung entfernter Objecte durch richtig eingestellte Fernröhre befremden. Bei dem astronomischen Fernrohre wird nämlich das Ocular so gestellt, dass das vom Objective erzeugte Bild etwas innerhalb der Brennweite des Oculars zu stehen käme, wodurch die das Fernrohr passirenden Lichtstrahlen in einer Richtung auf die Hornhaut fallen, als kämen sie von einem nahe vor dem Oculare befindlichen, also in deutlicher Sehweite befindlichen Objecte. Mit der Divergenz der ins Auge fallenden Strahlen nimmt aber die Differenz zwischen deren Vereinigungsweite und der Entfernung der Retina von dem optischen Mittelpunkte des Auges ab, es ist das Verschwinden der Doppelbilder unter solchen Umständen ganz natürlich. Wird das Ocular aber auch nur unbedeutend weiter von dem Objective entfernt, durch Ausziehen des Rohres, so fällt das von dem Objecte erzeugte Bild in die Brennweite oder vor den Focus des Oculars, im ersten Falle treten die Strahlen parallel, im zweiten convergirend zum Auge, und es sind bezüglich des Doppelsehens dieselben Verhältnisse herbeigeführt, als sähe das Auge nach sehr entfernten Objecten oder durch Convexgläser.

Ganz ähnliche Momente ergeben sich auch bei Betrachtung der Galilei'schen Fernröhre. Hier steht das Ocular um ein Geringes näher dem Objective, als die Differenz von deren Brennweiten beträgt, die durch das Ocular bei richtiger Einstellung des Rohres zum Auge gelangenden Strahlen sind sehr divergent

und scheinen von einem nahe vor dem Oculare stehenden, also in deutlicher Sehweite befindlichen Objecte zu kommen. Durch weiteres Ausziehen des Rohres wird die Entfernung des Oculars vom Objective gleich der Differenz beider Brennweiten, die Strahlen fallen parallel ins Auge, und eine noch weiter getriebene Verlängerung des Objectes hat sogar eine Convergenz der die Hornhaut treffenden Strahlen zur Folge.

Es vereiniget sich also Alles, um die Richtigkeit des Satzes in klares Licht zu stellen, nach welchem die Grösse des Sehwinkels der Nebenbilder mit der Grösse der Differenz zwischen dem Abstande der Vereinigungsweite der ins Auge fallenden Strahlen und dem Abstande der Retina von dem optischen Mittelpunkte der lichtbrechenden Medien des Auges in Abhängigkeitsverhältnissen steht.

Die Erscheinungen der Diplopie und Pentalopie in linsenlosen Augen bestätigen in ganz eminenter Weise die ausgesprochene Ansicht. Deren Brennweite fällt weit hinter die Netzhaut, die Vereinigungsweite für Strahlen, welche von Objecten aus endlicher Distanz kommen, muss daher noch weiter hinter der Netzhaut liegen, und zwar um so weiter, je näher ein Gegenstand dem Auge rückt. Da nun in meinem 5. Falle im Verhältnisse zur Annäherung des Objectes an das Auge das Nebenbild sich von dem wahren Bilde entfernte, so ist auch für linsenlose Augen die Abhängigkeit des Winkels, unter welchem die Doppelbilder gesehen werden, von der Differenz zwischen der jeweiligen Accommodationsweite und dem Abstande des leuchtenden Objectes erwiesen. Das Verhalten der Doppelbilder bei Anwendung entsprechender Convexbrillen bekräftigt nur das Gesagte; Brillen von $3\frac{1}{2}''$ positiver Brennweite vermindern diese Differenz, die Doppelbilder erscheinen auf vier Fuss Distanz vom Objecte beinahe scharf begrenzt und in gegenseitiger Berührung. Schärfere Gläser von $3''$ positiver Brennweite heben die Differenz schon bei Entfernung des Objectes von zwei Fuss auf und es wird Ein deutliches, scharf begrenztes Bild der Streifen zur Wahrnehmung gebracht.

VIII. Einfluss von Kartenlöchern und Spaltöffnungen.

Von allen Beobachtern ist das Verschwinden der Doppelbilder beim Sehen durch feine Kartenlöcher anerkannt worden. Grössere Löcher, deren Durchmesser jenem einer mässig weiten Pupille nahezu gleich kommt, haben keinen modificirenden Einfluss, wohl aber enge Spalten, selbst wenn ihr Durchmesser jenen der Cornea überschreitet. Versuche mit diesen Spaltöffnungen haben herausgestellt, dass, sobald deren Längsrichtung senkrecht auf der Richtung des Hauptschnittes im Auge steht, jedesmal augenblicklich das Nebenbild verschwindet, während das wahre an Lichtstärke zunimmt. Da nun die Lage des Hauptschnittes mit der jeweiligen Stellung der senkrechten Kopfaxe wechselt, und ganz entsprechend dem Neigungsgrade des Kopfes sich gegen den Horizont neigt, muss auch bei Veränderung der Kopflage der Spalt stets in andere Richtungen gebracht werden, auf dass die Doppelbilder verschwinden. Sobald die Spaltrichtung nicht senkrecht oder doch nahebei senkrecht auf der jeweiligen Richtung des Hauptschnittes im Auge steht, sind die Erscheinungen des Mehrfachsehens dieselben, als würden die Objecte mit freiem Auge betrachtet.

Das Verschwinden der Nebenbilder beim Sehen durch ein feines Kartenloch stellt mit Gewissheit heraus, dass Strahlen, welche der optischen Axe des Auges fast parallel ziehen, zur Vervielfältigung der Bilder nicht geeignet sind, wohl aber Strahlen, welche nach der Brechung durch den dioptrischen Apparat des Auges mit der optischen Axe grössere Winkel einschliessen, daher denn auch beim Sehen durch grössere Löcher die Erscheinungen der Diplopie dieselben sind, wie bei der Fixation der Objecte ohne vorgehaltenem und durchlöchertem Schirme. Doch auch nicht alle Randstrahlen können geeignet sein, Doppelbilder zu erzeugen, denn sobald ich einen feinen Spalt so vor die Pupille halte, dass dessen

Längsrichtung auf dem Hauptschnitte der Doppelbilder senkrecht steht, verschwinden die Doppelbilder, das wahre Bild aber nimmt an Lichtstärke und Schärfe der Begrenzung zu. Da bei meinem Auge der Hauptschnitt vertical steht, so muss, um das Nebenbild verschwinden zu machen, der Spalt bei senkrechter Haltung der verticalen Kopfaxe wagerecht liegen. Unter diesen Umständen fallen also im ganzen Bereiche des Querdurchmessers der Pupille Strahlen ein, es sind in Bezug auf die Linse centrale Strahlen und Randstrahlen, und doch ist kein Nebenbild sichtbar, es scheint also, als ob nur Strahlen zur Vervielfältigung der Bilder geeignet wären, welche durch die obere Hälfte der Pupille zur Linse gelangen. Meine Versuche mit dem Heben und Senken des Schirmspaltes stellen die Richtigkeit dessen mit positiver Gewissheit heraus, das Nebenbild in meinem diplopischen Auge kann stets nur von Strahlen gebildet sein, welche durch die obere Hälfte der Pupille einfallen, denn senke ich den Spalt in der Richtung des Hauptschnittes herab, so verschwindet das Nebenbild, während das Hauptbild lichtstärker und deutlicher begrenzt wird. Schneide ich aber die auf der untern Hälfte der Pupille einfallenden Strahlen durch Heben des Schildes ab, so bleiben beide Bilder in der Wahrnehmung, nehmen aber in eben dem Masse gleichzeitig an Lichtstärke ab, als durch das Heben des Schirmes der in das Auge gelangende Strahlenkegel verdünnt wird, bis sie endlich durch weitere Hebung des Schirmes und gänzliche Abschneidung sämmtlicher Strahlen von der Pupille gleichzeitig sammt dem Bilde des Papierblattes verschwinden. Es concurrirt zur Erzeugung des Nebenbildes also nur ein Theil der ins Auge gelangenden Strahlen, und zwar ein ganz bestimmter Theil derselben. In Fig. XIII ist ein senkrecht auf die optische Axe gemachter Durchschnitt des Auges dargestellt. Nur Strahlen, welche durch den Kreisausschnitt *a*, *b*, *c* dringen, können zur Bildung des Nebenbildes verwendet werden. Fasst man einen durch den Hauptschnitt und die optische Axe gelegten Durchschnitt in das Auge (Fig. XIV), so werden nur die Strahlen *c* bei der Gestaltung des Nebenbildes *i* verwendet, die Strahlen *d*, *e*, *f*, *g* werden sämmtlich zur Bildung des Hauptbildes *a* beitragen müssen, ohne in die Formation des Nebenbildes eingehen zu können. Aus der Theorie der Lichtbrechung im Auge ergibt sich auch, dass das falsche Bild in meinem Auge unterhalb des wahren auf der Netzhaut zu Stande kommen müsse, es ist daher auch ganz klar, dass die Strahlen des Nebenbildes mehr gebrochen werden, als jene des Hauptbildes, einen grössern Winkel mit der Axe *ea* des dioptischen Apparates einschliessen, denn sonst müssten sie entweder in einem Punkte *h* die Netzhaut treffen und das Nebenbild müsste unterhalb des wahren erscheinen, oder aber in *a* mit allen übrigen Strahlen zusammentreffen, wo dann die Wahrnehmung eines zweiten Bildes unmöglich wäre.

Da keine centralen Strahlen zur Bildung des falschen Bildes verwendet werden, sondern nur Strahlen, welche in einer gewissen Entfernung von der optischen Axe durch den dioptrischen Apparat durchgehen, ist es schon von vornhinein sehr wahrscheinlich, dass der Winkel, unter welchem die Strahlen auf die Cornea auffallen, oder noch besser, der Winkel, den die bereits gebrochenen Strahlen mit der optischen Axe einschliessen, von Bedeutung für die Formation des Nebenbildes sei, und dass eine gewisse Grösse dieses Winkels erfordert werde, auf dass sich Strahlen zur Bildung eines Nebenbildes von den, dem Hauptbilde zugehörigen Strahlen sondern.

Zur Gewissheit aber erhebt sich dieser Satz, wenn man das Abhängigkeitsverhältniss berücksichtigt, welches zwischen dem Gesichtswinkel beider Doppelbilder und der Differenz zwischen der jeweiligen Vereinigungsweite der Strahlen und dem Abstande der Netzhaut von dem optischen Mittelpunkte des Auges besteht. Es ist erwiesen, dass bei Fixation dieses optischen Mittelpunktes in einer der Kurzsichtigkeit entsprechenden vorgerückten Stellung, der Winkel, den die Randstrahlen mit der optischen Axe einschliessen, um so grösser wird, je grösser die Distanz des Objectes und je grösser daher jene Differenz ist. Bei Annäherung des Objectes an das Auge rückt die Vereinigungsweite der Strahlen nach hinten, der Winkel, unter welchem deren peripherischer Theil die optische Axe schneidet, nimmt ab, und mit

ihm der Abstand der Doppelbilder, bis endlich bei einer gewissen Distanz das Nebenbild mit dem Hauptbilde zusammenfliesst. Concavbrillen und richtig eingestellte Fernröhre thun dasselbe, was Verkleinerung der Objectsdistanz, sie verringern den Winkel der gebrochenen Randstrahlen mit der optischen Axe und sofort auch den Abstand beider Bilder. Convexbrillen rücken den Vereinigungspunkt der Strahlen dem optischen Mittelpunkte näher, sie vergrössern den Winkel, den die Randstrahlen mit der optischen Axe einschliessen, und mit dieser Vergrösserung auch den Winkel, unter welchem beide Bilder gesehen werden.

Doch kann der Winkel, unter welchem die Strahlen die optische Axe schneiden, nicht allein massgebend sein, denn sonst wäre es nicht möglich, dass in linsenlosen Augen die Grösse des Abstandes der Doppelbilder mit der Annäherung des Objectes zunehme, während er durch Convexbrillen abnimmt, denn es wird mit der Annäherung des Objectes auch hier obiger Winkel verkleinert, durch Convexbrillen aber vergrössert. Es lässt sich vielmehr beweisen, dass dieser Winkel in Bezug auf die Sonderung der beiden Bilder nur in sofern Einfluss nehme, als er von dem Winkel abhängt, unter welchem die Strahlen in den Glaskörper einfallen, der Einfallswinkel der Strahlen bei ihrem Übertritte aus der Linse in den Glaskörper ist allein massgebend. Ist Fig. XV ABG die Vorderfläche des Glaskörpers, und zieht man die Einfallsloth ab und bc, so wie die ihnen entsprechenden Strahlen eC und fC, so ergibt sich, dass der Einfallswinkel α grösser sei als β, es nimmt der Einfallswinkel mit der Entfernung der Strahlen von der optischen Axe zu. In linsenlosen Augen aber, wie meine zahlreichen pathologisch-anatomischen Untersuchungen und die Erfahrungen einiger anderen Autoren klar herausstellen, ist die Vorderfläche des Glaskörpers niemals concav, sondern fast stets convex, die hinter der tellerförmigen Grube gelegenen Theile des Glaskörpers bauchen sich in Gestalt eines Kugelsegmentes hervor, und ersetzen so in unvollkommener Weise die verlorne Linse. Zieht man (Fig. XVI) die Einfallslothe und die denselben entsprechenden Strahlen eC und fC, so findet man den Einfallswinkel so wie bei Vorhandensein der Linse und concaver Vorderfläche des Glaskörpers, entsprechend der Entfernung der Strahlen von der optischen Axe, wachsend. Betrachtet man die Winkel in Bezug auf verschiedene Vereinigungsweiten der Strahlen, so findet sich, dass in linsenhältigen Augen der Einfallswinkel eines Strahles in den Glaskörper zunehme, wenn seine Vereinigungsweite dem optischen Mittelpunkte des Auges zurückt, in Augen, die der Linse beraubt sind, aber das entgegengesetzte Verhältniss obwalte, d. h. dass der Einfallswinkel eines Strahles in den Glaskörper abnehme, wenn der Vereinigungspunkt der Strahlen dem optischen Mittelpunkte des Auges sich nähert. Es lässt sich nach allen dem Gesagten das Gesetz aufstellen, dass der Gesichtswinkel, unter welchem beide Doppelbilder gesehen werden, im Verhältnisse stehe zur Grösse des Einfallswinkels der Strahlen in den Glaskörper. Es gehört ein Einfallswinkel von einer gewissen Anzahl Grade dazu, auf dass sich Strahlen von den übrigen zur Gestaltung eines zweiten Bildes sondern. Enge Kartenlöcher lassen nur centrale Strahlen durch, welche einen sehr geringen Einfallswinkel in den Glaskörper bilden, es entsteht daher kein Nebenbild; ebenso schneidet ein senkrecht auf der Richtung des Hauptschnittes gestellter Spalt von dem in der Ebene des Hauptschnittes zum Auge gelangenden Strahlen alle ab, welche bei ihrem Eintritte in den Glaskörper einen grösseren Winkel mit dem Einfallslothe beschreiben, es kann also auch hier kein Nebenbild bestehen.

Was nun von der Diplopie gilt, gilt auch von der Triplopie, das zweite Nebenbild beim Dreifachsehen gehorcht denselben Gesetzen. Es verschwindet beim Sehen durch ein enges Kartenloch, so wie bei Fixation der objectiven Streifen durch eine senkrecht auf der Richtung des Hauptschnittes stehende Spaltöffnung. Sobald der Spalt in die Ebene des Hauptschnittes und der optischen Axe fällt, erscheinen alle drei Bilder. Senke ich in dieser Richtung den Spalt, so verschwindet sogleich und mit Einem Schlage das obere Nebenbild, das wahre und das untere falsche Bild bestehen fort; erst bei weiterer

Senkung des Schirmes nehmen sie gleichzeitig an Lichtstärke ab, und verschwinden endlich mit einander, wenn durch zu grosse Senkung des Schirmes alle Strahlen von der Pupille abgeschnitten worden sind. Hebe ich aber in der angegebenen Richtung den Spalt, so verschwindet zuerst das zweite untere Nebenbild, das obere falsche Bild und das Hauptbild verschwinden aber erst bei völliger Verdeckung der Pupille.

Es können zur Bildung des untern Nebenbildes also wieder nur Strahlen verwendet worden sein, welche durch die untere Hälfte der Pupille in das Auge gelangten, und es müssen Randstrahlen sein, welche durch den untern Theil der Pupille eindrangen.

Ganz nach der oben angeführten Weise lässt sich nun auch von diesen Strahlen beweisen, dass sie eine grössere Brechung erlitten haben, als die in entsprechender Entfernung von der optischen Axe an andern Orten der Pupille eindringenden, es lässt sich ebenso darthun, dass auch hier die Grösse der normwidrigen Ablenkung mit der Grösse des Einfallswinkels derselben in den Glaskörper zunehme, und daher mit der Differenz zwischen der Vereinigungsweite der Strahlen und dem jeweiligen Abstande der Retina von dem optischen Mittelpunkte in Abhängigkeitsverhältnissen stehe. Es ergibt sich aber aus der Vergleichung der Gesichtswinkel, unter denen das erste und das zweite Nebenbild zur Wahrnehmung kommen, dass die normwidrige Ablenkung der den untern Theil der Pupille passirenden Strahlen bei gleichem Einfallswinkel in den Glaskörper eine weit geringere sei, als die Ablenkung der durch den obern Theil der Pupille einfallenden Strahlen.

Dass bei Pentalopie ein ähnliches Verhältniss Statt habe, wie bei dem Doppelt- und Dreifachsehen, ergibt sich einfach aus der näheren Betrachtung der Erscheinungen meines 5. Falles. Auch hier werden keine Strahlen zur Gestaltung der Nebenbilder verwendet, welche senkrecht auf der Ebene des Hauptschnittes und der optischen Axe in das Auge fallen, und von den übrigen Strahlen concurriren nur Randstrahlen bei der Vervielfältigung der Bilder; die centralen Strahlen, welche fast senkrecht auf die tellerförmige Grube in den Glaskörper eindringen, werden einzig und allein für das Hauptbild verwendet, denn die Kranke sieht durch ein sehr feines Kartenloch, so wie durch einen senkrecht auf den Hauptschnitt gestellten sehr feinen Spalt stets nur Ein Bild, das Hauptbild. Die übrigen Strahlen aber formiren vier Nebenbilder, gleichzeitig auch beitragend zur Gestaltung des Hauptbildes. Man kann sagen, dass die in einer gewissen Entfernung von dem Centrum einfallenden Strahlen die beiden innern Nebenbilder bilden, die Randstrahlen jedoch die äussern Nebenbilder erzeugen. Es sei (Fig. XVII) $abcd$ die Projection der Pupille, und ab jene der durch den Hauptschnitt und die optische Axe gelegten Ebene. Theilt man diese in sechs gleiche Theile, so wird leicht ersichtlich, dass die in $A\alpha$ einfallenden Centralstrahlen bloss bei der Bildung des Hauptbildes concurriren. Die zwischen α und γ einfallenden Strahlen dringen schon unter einem merklichen Winkel in den Glaskörper ein, und constituiren die inneren Nebenbilder, die in γb und γa eindringenden Randstrahlen werden verhältnissmässig am meisten von der normalen Bahn abgeleitet und erzeugen die beiden äussern Bilder.

Dass diese Angaben nicht aus der Luft gegriffen sind, ergibt sich sogleich, wenn man die Erscheinungen näher ins Auge fasst, welche sich der Kranken beim Sehen durch ein rundes Loch von $^1/_3'''$ Durchmesser oder durch einen $^1/_3'''$ breiten Spalt darbieten. Nimmt man die Pupille während den Experimenten $1'''$ im Durchmesser haltend an, so kann die Kranke nur dann einfach sehen, wenn das Centrum des Loches mit dem Centrum der Pupille zusammenfällt (Fig. XVIII), also nur Centralstrahlen eindringen oder aber, wenn das Loch auf einen Theil der Kreisausschnitte f, g der Pupille fällt (Fig. XIX). Trifft das Loch auf den Theil $A\gamma$ der Pupille (Fig. XVIII), so muss stets neben dem Hauptbilde ein inneres Nebenbild entstehen. Steht das Loch (Fig. XX) in γm oder in γn, so muss neben dem Hauptbilde ein äusseres also weiter entferntes falsches Bild gesehen werden. Findet sich das Kartenloch (Fig. XIX) vor $a\alpha$ oder αb,

so treten neben dem Hauptbilde stets ein inneres und ein äusseres Nebenbild auf, die Kranke muss dreifach sehen. Wirklich erscheinen der Kranken beim Sehen durch das Loch von dem oben bezeichneten Durchmesser bald ein, bald zwei, bald drei Bilder, indem der in der Hand gehaltene Schirm durch seine Öffnung bald auf diesen, bald auf jenen Theil der Pupille Strahlen eindringen lässt. Doch nie sieht unter solchen Verhältnissen die Kranke fünf Bilder, welche sie doch wahrnimmt, wenn sie durch einen sehr feinen, in die Ebene des Hauptschnittes gestellten Spalt die Objectsstreifen fixirt, wo also Strahlen in der ganzen Länge *ab* zur Pupille gelangen. Ganz auf dieselbe Weise lässt sich auch die wechselnde Wahrnehmung von ein, zwei, drei, niemals aber fünf Bildern bei dem Sehen durch einen $1/3'''$ breiten Spalt ableiten, wenn letzterer (Fig. XXI und Fig. XXII) *uxyz* in einer Richtung vor die Pupille gehalten wird, welche mit der Richtung des Hauptschnittes *ab* einen grossen Winkel einschliesst. Die ausserhalb *obsα* und *parα* in die Pupille fallenden Strahlen sind ohne Bezug auf die falschen Bilder. Durch die Bewegung der Hand fällt die Breite des Spaltes bald innerhalb *αa*, bald zwischen *Aγ*, bald zwischen *αa* oder *αb*, es erscheinen neben dem Hauptbilde also bald ein inneres, bald ein äusseres und inneres Nebenbild zugleich. Fünf Bilder erscheinen aber nur, wenn der Spalt seiner Länge nach mit *ab* zusammenfällt. Das Auftreten unzähliger Bilder bei horizontaler Stellung des Spaltes, wenn derselbe also nur einen kleinen Winkel mit *ed* einschliesst, ist mir bis jetzt ganz unerklärlich, wenn nicht Interferenz der einfallenden Lichtwellen zu Hülfe genommen wird.

Der Regel nach sieht die Kranke bei Fixation der Objectsstreifen durch ein sehr enges Kartenloch, so wie durch den in einem rechten Winkel auf *ab* gestellten sehr feinen Spalt nur ein Bild, das Hauptbild, selten zwei, niemals drei oder fünf Bilder. Ich glaube den Grund dessen nicht erst weitläufig erklären zu müssen, denn Jedermann sieht ein, dass bei so engen Öffnungen der zitternden Hand schon bedeutende Excursionen erlaubt sind, ehe die Schirmöffnung ausserhalb *αa* heraustritt und auf *αγ* fällt, wo zwei Bilder entstehen müssen. Eine Fixation der Öffnung gerade vor *γ*, wo dann Strahlen aus beiden Sechstheilen der Ebene *ab* also aus *αγ* und *γa* oder *γb* zum Glaskörper gelangen, ist aber nicht möglich. Ehe das Auge zur Wahrnehmung der in diesem Falle entstehenden drei Bilder kommt, ist der Schirm wieder verrückt und es werden nun ein oder zwei Bilder gesehen.

Das Verhalten der Nebenbilder bei Polyopie gegen Kartenspalten und Löcher ist noch gar nicht untersucht; es dürften der Analogie nach zu schliessen ganz ähnliche Verhältnisse obwalten. Durch feine Kartenlöcher müssen dann alle Nebenbilder zum Verschwinden gebracht werden können. Fixation des Objectes durch enge Spalten muss alle Bilder bis auf das Hauptbild und jene beiden Nebenbilder vernichten, deren Hauptschnitt gerade in der Richtung des vor das Auge gehaltenen Schirmspaltes fällt. Senken des Spaltes in dieser Richtung muss ein Verschwinden des obern Bildes zur Folge haben. Heben des Spaltes in dieser Richtung muss das untere Nebenbild vertilgen, während bei weiterem Heben oder Senken des Spaltes das Hauptbild sammt dem andern in der Richtung des betreffenden Hauptschnittes gelegenen falschen Bilde gleichzeitig an Lichtstärke abnehmen muss, bis endlich durch Abschneidung aller Strahlen von der Pupille alle Bilder aus der Wahrnehmung getreten sind. Weitere genaue Untersuchungen werden hoffentlich die Wahrheit dieser meiner Vermuthung herausstellen.

IX. Einfluss von Turmalinplatten.

Das Verhalten der Nebenbilder gegen Turmalinplatten, welche in senkrechter Richtung nahe vor das mehrfachsehende Auge gehalten werden, ist bis jetzt von Niemand, ausser mir, untersucht worden. Nur der Vernachlässigung der diesfälligen Untersuchungen ist der jammervolle Zustand unserer Kenntnisse von

dem Wesen der Diplopie und ihrer höheren Grade zuzuschreiben. Wenige Experimente mit dem genannten Krystall hätten eine ungeheure Anzahl nutzlos auf die Ergründung der Ursache des fraglichen Übels verwendeter Stunden erspart, und ihren Eigenthümern Gelegenheit gegeben, mit geringer Mühe der Wissenschaft förderlich zu werden, statt selber im Schweisse ihres Angesichtes kopfüber in den Schlamm krasser Irrthümer zu stürzen.

Es stellt sich nämlich mit positiver Gewissheit heraus, dass bei der Diplopie das falsche und wahre Bild nach entgegengesetzten Richtungen polarisirt, und dass die Azimuthe ihrer Polarisationsebenen unter bestimmten Verhältnissen in demselben Auge stetige Grössen sind.

So wie in allen vorhergehenden Capiteln, so auch in diesem, spielt der Hauptschnitt (d. i. die Verbindungslinie der einander gleichnamigen Punkte in den auf der Netzhaut projicirten Bildern) unstreitig die Hauptrolle. Steht die optische Axe des vor das Auge gehaltenen Turmalinplättchens parallel dem Hauptschnitte, so erscheint jedesmal und in allen Fällen nebst dem Hauptbilde das Nebenbild in der Richtung des Hauptschnittes und in einem der Distanz des Objectes und der jeweiligen Sehweite entsprechenden Abstande. Wird das Plättchen nun in derselben Ebene um die nach aussen verlängerte optische Axe des Auges nach rechts gedreht, so wird ein oder das andere Bild lichtschwächer, während das andere an Intensität seiner Beleuchtung zunimmt, bis endlich die optische Axe des Turmalins mit dem Hauptschnitte einen gewissen Winkel einschliesst, wo sodann das lichtschwächer gewordene Bild gänzlich verschwindet, während das andere die grösstmöglichste Beleuchtungsintensität erreicht hat. Wird das Turmalinplättchen in derselben Weise nach links gedreht, so wird in dem Masse als seine optische Axe grössere und grössere Winkel mit dem Hauptschnitte bildet, das bei der rechtseitigen Drehung lichtstärker gewordene Bild lichtärmer als es bei der dem Hauptschnitte entsprechenden Stellung der Krystallaxe war, während das andere Bild an Lichtstärke zunimmt, bis endlich bei fortgesetzter Drehung des Krystallplättchens dessen Axe mit dem Hauptschnitte einen Winkel einschliesst, der dem gleich ist, bei welchem unter entgegengesetzter Drehung das eine Bild verschwunden, das andere aber zur grössten Beleuchtungsintensität gelangt ist. Unter diesen Verhältnissen ist nun auch hier das eine Bild unsichtbar geworden, während das andere in grösstmöglichster Deutlichkeit wahrgenommen wird, nur sind es bei entgegengesetzten Drehungen entgegengesetzte Bilder, welche verschwinden oder an Lichtintensität zunehmen, die Bilder sind in entgegengesetzter Richtung polarisirt.

Der Winkel nun, den die Turmalinaxe mit dem Hauptschnitte bilden muss, um ein oder das andere Bild verschwinden zu machen, ist in verschiedenen Personen, und bei diesen unter verschiedenen Umständen ein verschieden grosser, es nimmt seine Grösse in dem Masse zu, als durch Steigerung der Bedingungen zur Diplopie der einer gewissen Entfernung des Objectes entsprechende Abstand der Doppelbilder wächst. Da nun dieser Abstand nach den vorhergehenden Mittheilungen wesentlich von der Grösse des Einfallswinkels der Lichtstrahlen in den Glaskörper abhängt, ist die Analogie der Polarisations-Erscheinungen im Auge mit den Polarisations-Erscheinungen der, andere Körper passirenden Lichtstrahlen erwiesen, denn auch in diesen wächst das Azimuth der Polarisations-Ebenen mit der Grösse des Einfallswinkels. Spätere Erörterungen werden es nachweisen, dass in dem ersteren, so wie in dem letzteren Falle die Grössenzunahme des Azimuthes in einer Änderung der Natur des polarisirenden Mittels begründet sei.

Die Zusammenstellung der durch meine Untersuchungen gewonnenen Thatsachen wird das so eben Behauptete in klares Licht setzen. Das Azimuth der beiden Bilder in meinem diplopischen Auge schwankt zwischen 45^0—80^0, zu bestimmten Zeiten ist es jedoch ein ganz constantes unwandelbares. Wenn mich meine Schätzungen nicht täuschen, so ist das Azimuth ein um so grösseres, je grösser die vorhergegangenen Anstrengungen des Auges waren, je grösser also die Differenz zwischen der jeweiligen Vereinigungsweite der im Auge gebrochenen Strahlen und zwischen dem Abstande der Netzhaut von dem

dioptrischen Mittelpunkte ist. Dafür spricht auch die directe Erfahrung, dass unter willkürlicher Anstrengung des Auges zum Nahesehen das Azimuth merklich vergrössert wird, und unter Umständen, welche die Diplopie in Dreifachsehen umwandeln, das Azimuth des ersten Nebenbildes stets bei 80° erreicht, während es nach minderen Intensionen des Auges gewöhnlich in mindern Graden schwankt; das falsche Bild verschwindet dann bei rechtseitiger Drehung der Turmalinplatte, das wahre Bild bei linkseitiger Drehung um 45°—80°. In meinem ersten Falle ist das Azimuth der beiden Bilder bei bedeutender Kurzsichtigkeit 60°—80°, das wahre Bild verschwindet bei rechtseitiger Drehung der Turmalinplatte, das falsche Bild bei linkseitiger Drehung. In dem zweiten von mir beobachteten Falle ist neben geringer Myopie und fast ungeschwächter Accommodationsfähigkeit das Azimuth 30°. Steht die Krystallaxe zum Hauptschnitte in einem Winkel von 30°, so ist stets nur Ein Bild sichtbar, sobald der Kranke aber sein Auge für geringere Distanzen accommodirt, taucht sogleich das zweite Bild, obwohl sehr lichtschwach auf und das Azimuth ist 40° geworden, die Vergrösserung des Einfallswinkels der Randstrahlen in den Glaskörper hat eine Vergrösserung des Azimuthes zur Folge gehabt. Der Kranke kann jedoch nicht gut unterscheiden, welches der beiden Bilder bei dies- oder jenseitiger Drehung des Krystalls verschwindet. Im vierten Falle konnten keine Versuche mit Turmalinen angestellt werden. In dem pentalopischen Auge meines fünften Falles sind die Verhältnisse so verwickelt, dass es bei der geringen Intelligenz des zur Untersuchung verwendeten Individuums und dem Mangel an Mess-Instrumenten selbst bei der grössten Mühewaltung unmöglich wurde, genaue und wissenschaftlich verwendbare Resultate zu erlangen. Die Kranke sieht unter verschiedenen Neigungen der Krystallaxe bald ein, bald zwei, bald vier Bilder, kann jedoch durchaus nicht unterscheiden, welche der Bilder bei jeder einzelnen Axendrehung des Turmalins verschwinden oder zu grösserer Licht-Intensität gelangen. Soviel lässt sich jedoch aus meinen oft wiederholten Versuchen mit Sicherheit entnehmen, dass unter gewissen Neigungswinkeln der Turmalinaxe die Zahl der jeweilig gesehenen Bilder eine constante ist, und daher angenommen werden kann, es seien die Azimuthe der einzelnen Bilder unter sich verschiedene und ganz bestimmte, wenn gleich bei dem derzeitigen Zustand meiner Erfahrungen in Zahlengrössen noch nicht ausdrückbare. Weitere Untersuchungen mit Zuhülfenahme geeigneter Instrumente müssen diese Lücke füllen. Jedenfalls wird hierbei eine enorme Schwierigkeit in den Umstande gefunden werden, dass die Nebenbilder in grossen Zerstreuungskreisen gesehen werden, der scheinbare Glanz derselben also an und für sich ein geringer ist. Berücksichtiget man die nicht unbedeutende Absorption, welche die von dem Gegenstande durch die Turmalinplatte in das Auge dringende Lichtmenge bei dem Durchgange durch den Krystall erleidet, so wird man leicht begreifen, dass einzelne Bilder leicht unter Umständen aus der Wahrnehmung schwinden können, ohne dass diese Erscheinung auf Polarisation der Lichtstrahlen zurückgeführt werden, oder doch einzig und allein in derselben begründet gedacht werden könne, wenn auch die Nichtübereinstimmung der Polarisationsebene der, das verschwundene Bild zusammensetzenden Lichtstrahlen mit der Axenneigung des Turmalins durch Schwächung der Fortpflanzungs-Intensität zu dem Verschwinden des Bildes wesentlich beigetragen haben muss.

Die aus den vorhergehenden Capiteln ersichtliche Analogie der polyopischen Bilder mit den falschen Bildern in den doppelt-, dreifach- und fünffachsehenden Augen lassen auch ähnliche Polarisationsverhältnisse der ersteren vermuthen. Leider war es mir bis jetzt noch nicht gegönnt, bezügliche Versuche anzustellen; die Gesetze, nach welchen die einzelnen Bilder ihre Polarität äussern, lassen sich daher derzeit auch nicht einmal in den gröbsten Umrissen skizziren, ohne sich in ein weites Feld ganz unbegründbarer Hypothesen zu wagen und unfehlbar auf Irrwege zu gerathen [1]).

[1]) Kürzlich hatte ich Gelegenheit, die Polarisationsverhältnisse bei Polyopie eines alten Fräuleins zu untersuchen. Sie bestätigen vollkommen die von mir ausgesprochenen Vermuthungen. Die Kranke war kurzsichtig, und sah den Mond in vielen sich theilweise

X. Farbensäume.

Im innigsten Zusammenhange mit den so eben erörterten Polarisations-Erscheinungen stehen die Wahrnehmungen farbiger Säume an den Rändern des wahren und der falschen Bilder. Ich spreche hier nicht von der Farbenveränderung der Bilder selbst, die lediglich in der Abnahme des Lichtquantums begründet ist, welches zur Bildung eines jeden einzelnen Punktes der Netzhautbilder verwendet, und erstens schon durch die Theilung des zur Pupille gelangenden Strahlencylinders in mehrere Kegel, zweitens aber durch die Ausbreitung dieser Kegel auf den Flächeninhalt grosser Zerstreuungskreise im hohen Grade vermindert wird. Eine genaue Entwickelung der, solchen Veränderungen in der Wahrnehmung der Farbennüancen zu Grunde liegenden Verhältnisse würde mich weit von dem vorgesteckten Ziele entfernen, ich muss es späteren Zeiten überlassen, mich darüber weitläufiger auszusprechen, die Resultate meiner zahlreichen diesfälligen Untersuchungen vor das Publikum zu führen.

Im Vorbeigehen sei hier bloss gesagt, dass bei meinen Untersuchungen unter Anwendung farbiger Streifen auf weissem Grunde das Hauptbild und die Nebenbilder stets gleichfärbig gesehen wurden: nur in dem dritten Falle findet sich eine Ausnahme, indem hier der Kranken das wahre Bild bei einer Objectsdistanz von $3^1/_2{}'$ grau, das falsche Bild braungrau erschien. Meinem diplopischen Auge erscheinen die Doppelbilder aller dunkelfärbigen Objectsstreifen schwarzgrau, oder doch wenigstens mit starker Beimischung von Schwarz und die einander deckenden Doppelbilder des senkrechten Streifens zeichnen sich insbesondere durch intensivere Schwärze aus. Die Doppelbilder lichtfärbiger Streifen erscheinen in deren natürlicher Farbe, doch blässer. Szokalski, der farbige Streifen auf schwarzem Grunde als Object benützte, berichtet von einem Falle, in welchem ein weisser Streifen in Doppelbildern gesehen wurde, deren oberes weiss, das untere bläulich war. In einem andern Falle erschien ein, durch ein Convexglas Nr. 12 fixirtes weisses Bändchen in fünf Bildern, deren mittelstes weiss, die andern bläulich waren. Ein Concavglas Nr. 11 soll den objectiven weissen Streifen in drei Bildern gezeigt haben, deren mittleres blau, die zwei andern gelb waren. Ich gestehe gleich hier, um nicht wieder darauf zurückkommen zu müssen, dass mir diese Beobachtung Szokalski's durchaus unerklärlich und nach genauer Erwägung der Fälle und Berücksichtigung optischer Gesetze sehr problematisch erscheint.

Was nun die Farbensäume der Doppelbilder betrifft, so ist zu bemerken, dass sie durchaus nicht von allen Individuen wahrgenommen werden. Unter den von mir beobachteten Fällen sah ausser mir nur die, den vierten Fall repräsentirende Spitzenklöpplerin Farbensäume, in allen übrigen Fällen mangelten sie bestimmt; ich habe die der Untersuchung unterzogenen Individuen zu wiederholtenmalen in dieser Beziehung genau ausgeforscht und mich über den Mangel farbiger Ränder an den von ihnen wahrgenommenen Doppelbildern überzeugt. Auch in Szokalski's zweitem Falle war nur bei Fixation eines gelben Streifens auf schwarzem Grunde der obere Rand des untern Bildes orangefarbig eingefasst. Weit deutlicher und bestimmter waren in dem dritten von Szokalski mitgetheilten Falle die farbigen Säume.

---

deckenden Bildern mit verschwommenen Rändern. Die Bilder waren derart gestellt, dass ihr Complex einer zusammengesetzten Blume (syngenesistischen Blüthe) mit strahligen Randblüthen glich. Die Scheibe wurde von dem wahren Bilde des gerade vollen Mondes gebildet und erschien elliptisch mit nach rechts und oben abweichender langer Achse. Rings um diese Scheibe waren Nebenbilder gereiht, welche theils von dem wahren Bilde, theils von den angrenzenden Nebenbildern zum Theile gedeckt wurden, so dass um die Scheibe eigentlich nur ein tief kerbiger Rand sichtbar wurde. Die in der Richtung der langen Achse der centralen Scheibe (des Hauptschnittes) stehenden Nebenbilder waren in eben dieser Direction lang gestreckt, nahmen nach beiden Seiten aber gleichmässig an Länge ab, an Breite zu, und erschienen in der kleinen Axe der Centralscheibe als kleine Segmente grosser Kreise. Durch Beugungen des Kopfes auf eine oder die andere Seite wechselte auch die Stellung, der langen Axe ganz entsprechend den Gesetzen der *Diplopia monocularis.* Durch die Turmalinplatte konnten je nach der Stellung deren optischer Axe bald diese bald jene zwei, in der Richtung einer geraden Linie gelegenen Nebenbilder zum Verschwinden gebracht werden, die Azimuthe zu ermitteln, war mir jedoch nicht möglich. Farbensäume wurden keine wahrgenommen. D. Verf.

Nach den an mir gemachten Beobachtungen stellt sich heraus, dass das Auftreten der Farbensäume ganz bestimmten Gesetzen unterworfen sei. Farbensäume werden immer nur dann beobachtet, wenn das Object jenseits des Fernpunktes des Auges während der Untersuchung gelegen ist. Innerhalb der deutlichen Sehweite erscheint das Object constant in ganz scharfen Umrissen ohne farbige Ränder. Sobald aber durch Vermehrung der Distanz des Objectes die Bedingungen zur Diplopie gegeben sind, treten in den geeigneten Fällen stets und ohne Ausnahme unter ganz gleichen Erscheinungen die Farbensäume auf. So lange die Doppelbilder sich noch nicht gesondert haben, sondern, sich gegenseitig berührend, als ein verdecktes Bild zeigen, sind dessen beide Ränder gleichfärbig eingesäumt. Der Farbensaum hat ungefähr die Hälfte der Dicke des objectiven Streifens. Sein das Doppelbild berührender Theil ist am gesättigsten gefärbt und verwäscht sich nach aussen in die Farben des Grundes, auf welchem der objective Streifen verzeichnet ist. Sobald aber die Bedingungen zu dem Auseinanderweichen der Doppelbilder gegeben sind, so erscheint auch der Zwischenraum zwischen beiden Bildern gefärbt. Auch hier ist die Farbe am Rande der Doppelbilder am gesättigsten, verwäscht sich aber etwas gegen die Mittellinie des Zwischenraumes, wird blässer. Wird durch weitere Vermehrung der Distanz des Objectes der Zwischenraum breiter, als die Breite des objectiven Streifens beträgt, so treten auch die Farbensäume der inneren Ränder der Doppelbilder aus einander. Sie sind durch einen Zwischenraum getrennt, dessen Grösse mit dem Abstande der Doppelbilder wächst und dessen Farbe die des Grundes ist, auf welchen die objectiven Streifen projicirt sind. In dieser Farbe des Grundes nun verwäscht sich der Farbensaum der innern, einander zugekehrten Ränder der Doppelbilder. Der Saum wird nie breiter als die halbe Breite des objectiven Streifens, gleicht also in dieser Hinsicht vollkommen dem Farbensaume der entgegengesetzten Ränder der Doppelbilder. Mit zunehmender Entfernung des Objectes, sofortiger Vergrösserung des Hauptschnittes und gleichzeitiger Abnahme der Lichtintensität der Doppelbilder, verblassen die Farbensäume und in nicht grossen Distanzen verschwinden sie endlich ganz.

Die seitlichen Grenzen der Säume liegen genau in der Richtung des, durch die äussersten Endpunkte der Doppelbilder gelegten Hauptschnittes, nie verwaschen sie sich in einer andern Direction, als in der des Hauptschnittes; bei der senkrechten Lage dieser Ebene in meinem Auge sind die vier Farbensäume der Doppelbilder nach links und rechts scharf abgeschnitten, deutlich begrenzt, kein Punkt derselben liegt ausser den Marken des äussersten Hauptschnittes, es ist daher natürlich, dass bei verticaler Stellung der senkrechten Kopfaxe der perpendiculäre Streifen nur an seinem obern und untern Ende einen, seiner Breite genau entsprechenden Farbensaum haben kann, dessen Farbennüance mit dem übereinstimmt, welcher an dem äussern Ende der Doppelbilder wahrgenommen wird. Wegen der geringen Breite der Streifen ist er sehr leicht zu übersehen. Die innern Farbensäume der Doppelbilder können an dem senkrechten Streifen nicht gesehen werden, da sie mit dem Bilde des Streifens selbst zusammenfallen und sich gegenseitig decken. Sobald jedoch der Kopf seitwärts geneigt und die Direction des Doppelbildes eine andere, als die des Hauptschnittes wird, treten mit der Sonderung der Bilder auch die Farbensäume sogleich in derselben Weise auf, wie bei den andern Bildern, während die Farbensäume des jetzt in die Direction des Hauptschnittes fallenden Streifens sich auf dessen beide Endpunkte beschränken.

Die nachstehende Tabelle gibt eine Übersicht der Farbennüancen in den Säumen der Doppelbilder.

Farbe der objectiven Streifen und des Grundes.	Farbensäume der äussern Ränder der Doppelbilder.	Farbensäume der innern Ränder der Doppelbilder.	Fälle.
Schwarz auf weissem Grunde	Rothbraun ins Gelbe verwaschen	Blau.	Mein linkes Auge.
Violett auf weissem Grunde	Orange	Himmelblau.	
Gesättigt blau auf weissem Grunde	Gelbröthlich	Lichtblau.	
Saftgrün auf weissem Grunde	Gelb	Blaugrün.	
Gelb auf weissem Grunde	Verwaschen gelb	Gelblichweiss.	
Scharlachroth auf weissem Grunde	Gelblich	Violett.	
Dunkelpurpurroth auf weissem Grunde	Gesättigt gelb mit einem Stich ins Röthliche	Blau.	
Schwarz auf weissem Grunde	Braungelb bloss auf dem falschen Bilde	Grau verwaschen.	Mein 3. Fall.
Weiss auf schwarzem Grunde	—	Röthlich.	Szokalski's 2. Fall.
Gelb auf schwarzem Grunde	Orange am obern Rande des untern Bildes	—	
Weiss auf schwarzem Grunde	Blau	Gelb.	Szokalski's 3. Fall
Gelb auf schwarzem Grunde	Grün	Orange.	

Bei genauer Durchsicht dieser Tabelle wird man mit vorläufiger Rücksichtsnahme auf die Erscheinungen in meinem Auge leicht finden, dass die sehr dunkeln Farben, die schwarze, violette, gesättigtblaue und dunkelpurpurrothe in den Doppelbildern stets von Farbensäumen begleitet sind, die in sich alle Elemente des weissen Lichtes enthalten, nämlich Gelb, Roth und Blau. Die minder brechbaren Farbenstrahlen, die gelben und rothen vereint, säumen die äussern Ränder der Doppelbilder ein: die blauen Strahlen, deren Brechungsexponent ein viel grösserer ist, finden sich hingegen an dem inneren Rande der Doppelbilder. Bei den grünen Streifen sind diese Farbensäume mit den Grundfarben des Objectes verunreinigt; ebenso mischt sich in dem äussern Farbensaume des scharlachrothen Streifens die Röthe des Objectes. Der gelbe Streifen hat gar keine verschiedengefärbte Säume, die Doppelbilder erscheinen nur in Zerstreuungskreisen mit blassen verschwommenen Rändern. Auf den ersten Augenblick müssen diese wesentlichen Verschiedenheiten sehr überraschen und die Zurückführung auf allgemeine Regeln schwierig, wenn nicht unmöglich erscheinen. Sieht man der Sache näher auf den Grund, so löst sich alsogleich das Räthsel, es ergibt sich dann, dass die Farbe der Doppelbilder mit jener der Farbensäume nur in sofern im ursächlichen Zusammenhange stehe, als sie durch die Tiefe ihrer Tinte von dem weissen Papiergrunde abstechend, die lebhaftesten Contrastwirkungen auf den, neben dem Netzhautbilde gelegenen Theilen der Retina hervorbringt, und eben durch diesen Contrast die weisse Einfassung der dunkeln, objectiven Streifen als Separat-Bilder erscheinen lässt. Es ist deren äussere Grenze eine undeutliche, verschwommene, eben weil die Contrastwirkung mit der Entfernung der Netzhauttheilchen von dem Netzhautbildchen abnimmt. Diese contrastirenden Bilder sind es nun, welche durch Zerlegung in ihre Elementfarben die farbigen Säume auf den Doppelbildern dunkler Streifen hervorbringen. Wo der Contrast fehlt, bei gelben, rosenrothen, lichtblauen etc. Streifen, werden keine Farbensäume wahrgenommen, weil diese Farben gegen die weisse Farbe des Papiergrundes, welche in elementare Farben zerlegbar ist, nicht contrastiren. Die Ränder der Doppelbilder erscheinen unter solchen Verhältnissen verschwommen, von einem gleichfärbigen blässern Zerstreuungskreise eingefasst, der sich auch über die Grenzen des, durch die äussersten Endpunkte der Doppelbilder gelegten Hauptschnittes seitlich ausbreitet, von den wahren Farbensäumen daher sich wesentlich unterscheidet. —

Bei sehr lebhaften Farben, der scharlachrothen, der saftgrünen u. s. w., wirkt der Contrast sowohl, als auch die Zerstreuungskreise. Hier erscheint durch Contrastwirkung die weisse Farbe der Einfassung lebhafter, als an entfernteren Stellen des Papiers, sie wird als Separatbild wahrgenommen, welches in seine elementaren Farben, die gelbe, rothe und blaue zerlegt, als Farbensäume die Doppelbilder begrenzt. Relativ zu den dunkelfärbigen Streifen ist die Contrastwirkung, also auch die Intensität des weissen Lichtes, an dem Rande der Doppelbilder eine geringere, es müssen die Farbensäume blässer erscheinen, und die Zerstreuungskreise der objectiven Streifen müssen durchleuchten. Die Farbensäume erscheinen daher gemischt mit der objectiven Farbe der Streifen. Bei sehr dunklen Streifen fallen diese Gründe der Farbenmischung weg, erstlich sind die Farbensäume an und für sich gesättigter, und zweitens erscheinen die Doppelbilder solcher dunkler Streifen sämmtlich dunkelgrau, fast schwarz. Ihre Zerstreuungskreise sind also grau, und können durch Vermischung mit den Farbensäumen keine Veränderung in dem Colorit hervorbringen, ausgenommen eine Dämpfung seiner Lebhaftigkeit.

Dass wirklich der Contrast es sei, welcher die Wahrnehmung der Farbensäume vermittelt, geht ferner aus dem Umstande hervor, dass die Farbensäume bei grösseren Entfernungen des Objectes verschwinden, bei Annäherung an das Object aber an Lebhaftigkeit ihrer Farben zunehmen, und am lebhaftesten sind, wenn die Differenz zwischen der Sehweite und der Objectsdistanz eine möglichst kleine ist, ohne jedoch zu verschwinden. Je kleiner diese Differenz ist, desto schärfer werden die Doppelbilder auf der Netzhaut gezeichnet, desto grösser ist auch der Contrast, in welchem sich neben einander liegende Netzhauttheilchen befinden. Mit der Zunahme dieser Differenz und sofortiger Ausbreitung der Zerstreuungskreise wird aber auch der Contrast in den Erregungszuständen benachbarter Netzhauttheilchen aufgehoben, es etabliren sich Übergänge, die Farbensäume verschwinden.

Höchst auffallend ist in meinem diplopischen Auge die Lagerung der gleichfärbigen Säume. Die minder brechbaren, gelben und rothen Strahlen concentriren sich an den äussern Rändern der Doppelbilder, die blauen an den innern. Nach meinen früheren Mittheilungen sind jene Strahlen, welche das falsche Bild zusammensetzen, stärker gebrochen als jene des wahren Bildes. Eine einfache Betrachtung der Farbensäume in den Doppelbildern meines diplopischen Auges (Fig. XXIII) ergibt, dass die das wahre Bild begleitenden Farbensäume ganz den gewöhnlichen Gesetzen der Lichtbrechung folgen, die gelben und rothen Strahlen haben eine geringere Brechung erlitten, als die blauen. Umgekehrt verhält es sich aber mit den Farbensäumen des falschen Bildes, hier ist offenbar der Brechungsexponent der gelben und rothen Strahlen ein viel grösserer geworden, als jener der blauen, die Brechung der das falsche Bild zusammensetzenden Strahlen geht nach Gesetzen vor sich, die von den gewöhnlichen ganz abweichen.

Auch in Szokalski's drittem Falle lassen sich die färbigen Säume nur durch den Contrast der, gegen den schwarzen Grund abstechenden Ränder des weissen und gelben Streifens erklären. Da in diesem Falle die blauen Säume aber aussen, die gelben und rothen innen liegen, so müssen sich die Brechungsexponenten dieser Farbensäume relativ zu den in meinem Auge nachweisbaren verkehrt verhalten.

Ganz analog diesen Farbenerscheinungen sind auch jene, welche in meinem Auge auftreten, wenn es unter günstigen Verhältnissen dreifachsehend geworden ist. Das obere falsche Bild verhält sich ganz so, wie bei diplopischem Zustande des Auges, sein oberer Rand hat einen rothgelben Saum, der andere Rand aber einen blauen. Ebenso ist der obere Rand des wahren Bildes blaugesäumt, der untere hat aber seinen gelben Saum verloren, dieser ist an den untern Rand des untern falschen Bildes gerückt; der Zwischenraum zwischen den letzten beiden Bildern hat die Farbe des Papiers, hier mangelt jeder Farbensaum. Dieses Verschwinden des Farbensaumes erklärt sich einfach dadurch, dass der untere Rand des wahren Bildes in Bezug auf das obere falsche Bild gelb gesäumt erscheinen sollte, in Bezug auf das untere falsche Bild aber blau, es trifft hier also die blaue und rothgelbe Farbe zusammen, sie müssen durch Complement den

Zwischenraum in der weissen Farbe des Papiers erscheinen lassen, und dieses um so mehr, als der Zwischenraum zwischen diesen Bildern ein sehr kleiner ist, die Farbensäume der beiden genannten Streifen also zusammenfallen, und dadurch auch das Blau des obern Randes des untern Streifens zu Weiss complementirt wird. Aus dem Verschwinden der Farbensäume in dem Zwischenraume zwischen dem wahren und dem untern falschen Bilde, sowie aus der gelben Einsäumung des unteren Bildes geht also mit Evidenz hervor, dass die beiden falschen Bilder in der Triplopie von Strahlen zusammengesetzt werden, die nach ganz gleichen, von den gewöhnlichen abweichenden Gesetzen gebrochen werden.

Bezüglich der Farbensäume in pentalopischen Augen habe ich keine Erfahrungen; dem Vorausgehenden nach zu schliessen, dürfte ich mich aber nicht täuschen, wenn ich auch für diese eine ganz analoge Strahlenbrechung in einzelnen Augen voraussetze. Nur dürften hier bloss die äussern Ränder der äusseren falschen Bilder Farbensäume aufzuweisen haben, denn falls die entgegengesetzten Ränder eines jeden einzelnen Bildes verschiedene Farben haben sollen, wie bei Diplopie, so müssen durch Complement die Zwischenräume der einzelnen Bilder weiss erscheinen. Bei der geringen Lichtintensität der äussersten Bilder dürften aber auch die Säume derselben nur sehr schwierig zu beobachten sein.

Bei Polyopie mangeln mir alle Anhaltspunkte, um in dieser Beziehung irgend eine bestimmte Vermuthung zu wagen. Jedenfalls werden ähnliche Gesetze hiebei in Anwendung kommen. Die Art aber, wie die Farbensäume hier in die Wahrnehmung treten, ist ganz unbekannt.

XI. Die bisher aufgestellten Hypothesen kritisch beleuchtet.

Die Beobachtung, dass die Diplopie und Polyopie nicht selten verbunden mit eclatanten Congestionen zu dem Auge vorkömmt, besonders wenn diese Congestionen Folge einer vorläufigen intensiven Anstrengung des Gesichtes sind, konnte nicht verfehlen, in vielen Augenärzten den Gedanken rege zu machen, es seien blutführende Organe, welche die Ursache des Mehrfachsehens in sich tragen, namentlich die Netzhaut und nebenbei in ganz unbestimmter Weise die Aderhaut, und dieses um so mehr, als in einigen Fällen gleichzeitig mit der Diplopie und Polyopie sogenannte Reizungssymptome, Funken-, Mückensehen u. dgl., vorhanden waren. Wo diese Erklärung nicht ausreichte, griff man ohne weiters in das dunkle Feld der Krankheiten des Sehnerven, des Gehirns, und die Erklärung war gefunden. Ja, das Genie des Menschen erhob sich sogar über das Niveau des sinnlich Wahrnehmbaren in die Sphären des Geistigen, und suchte die Diplopie in puren Hallucinationen zu begründen. Szokalski hat sich bereits über die Abgeschmacktheit dieser Ideen hinlänglich ausgesprochen; die Regelmässigkeit der Erscheinungen, die willkürlich durch das physikalische Experiment in denselben zu erzeugenden Modificationen sprechen zu laut gegen diese Behauptungen, als dass es nothwendig wäre, auch nur ein Wort weiter zu deren Widerlegung beibringen zu wollen. Es fanden sich daher auch bald Männer, welche sehr wohl einsahen, dass die Diplopie irgend welchen objectiven Grund, irgend eine Veränderung in dem auf der Netzhaut selbst projicirten Bilde als Ursache haben möge, und bildeten so den Übergang zu denen, welche das fragliche Phänomen in dem dioptrischen Apparate, in modificirter Strahlenbrechung begründet meinen.

So behauptete man, der Grund der Diplopie liege in der amaurotischen Schwäche eines Netzhautpunktes, wodurch das Netzhautbild in zwei Theile getheilt werde, wenn die Strahlen in einer bestimmten Richtung auf die Netzhaut gelangen. Concave Brillen sollen die Diplopie desshalb verschwinden machen, weil sie das Bild auf der Netzhaut verkleinern, und so dessen Theilung unmöglich machen!! Die partielle Amaurose soll Folge einer Congestion, oder anderer Krankheiten des betreffenden Netzhautpunktes oder der dazu gehörigen Nervenfasern, oder endlich vielleicht auch des centralen Ausgangspunktes der letzteren sein. Insofern lehnt sich diese Ansicht an die frühern, während sie andererseits

zugibt, dass die Netzhaut nicht neue Bilder schaffe, sondern die von der Aussenwelt auf sie übertragenen Eindrücke unverändert zu den Centralorganen fortpflanze.

Es dürfte wohl Keinem entgehen, dass eine Theilung des Netzhautbildes durch einen amblyopischen Fleck in der Retina eben eine Theilung in zwei Hälften, keine Verdoppelung desselben Bildes sei. Gesetzt, es kämen solche Punkte in einzelnen Netzhäuten vor, gesetzt, ein Netzhautbildchen würde auf dieser Stelle so erzeugt, dass eine Extremität desselben diesseits, die andere jenseits des amblyopischen Fleckes fiele, müssten bei der geringsten Verrückung des Auges nicht die Grössenverhältnisse der beiden Theilbilder ausserordentlich wechseln und könnten jemals zwei ganz gleich grosse und auch in andern Beziehungen der Wahrnehmung nicht diplopischer Augen analoge, ganze Bilder gesehen werden? müsste ein runder Fleck statt in runden Doppelbildern nicht in zwei Kreishälften erscheinen? u. s. w. Abgesehen von den unzähligen Gegengründen, die sich jedes Kind an den Fingern abzählen kann, welches mit einer biconvexen Linse, allenfalls mit einem Brennglase spielend, Sonnenbilder auf einem dahinter gehaltenen Schirme auffängt, dürfte wohl Jedermann auf den ersten Blick klar sein, dass der Zwischenraum zwischen den Doppelbildern schwarz erscheinen müsste. Er wird aber in der weissen Farbe des Grundes oder in Farbensäumen gesehen, ja, wenn der Grund des Bildes schwarz ist, kann unter Umständen der, kein Licht reflectirende schwarze Grund in Farben wahrgenommen werden.

Eine weitere Hypothese emancipirt sich bereits von dem Glauben an einen durch Congestion etc. erzeugten amaurotischen Punkt in der Retina, sie sucht die Theilung des Netzhautbildchens durch eine Faltung der Netzhaut zu erklären, diese Falte sei nun auf die Retina allein beschränkt, oder aber die Folge einer Falte der darunter gelegenen Aderhaut.

Wer je ein Schattenbild auf einer unebenen Fläche gesehen hat, wird schwer einer derartigen Erklärung Geschmack abgewinnen können. Gesetzt, es wäre die gefaltete Netzhaut an allen Punkten der Falte empfindend, so könnte ein verzerrtes, aber kein getheiltes Bild wahrgenommen werden; zu diesem Zwecke ist eine Amblyopie des Faltenfirstes unerlässlich, wir kommen also auf die vorige Hypothese zurück. Doch nicht allein in Beziehung auf physikalische Gesetze weist diese Ansicht eine krasse Ignoranz nach, auch auf pathologischem Boden erscheint sie als ein ganz merkwürdiges Specimen von Ungereimtheit. Diese Faltung der Retina soll durch Ablagerung wässeriger Exsudate an der äussern Fläche der Netz- oder Aderhaut bedingt sein. Sichl hat auf diese Exsudatablagerungen zuerst aufmerksam gemacht und sie *Hydrops subchoroidalis* getauft. Ich bin durch sehr viele Untersuchungen derartiger Fälle in den Stand gesetzt, über den anatomischen und symptomatologischen Theil dieser Krankheit die detaillirtesten Mittheilungen zu machen, und werde es binnen Kurzem. Vorläufig kann ich versichern, dass Augen mit solchen Falten in der Ader- oder Netzhaut nicht Ein, vielweniger zwei Bilder wahrnehmen, sie sind gewöhnlich amaurotisch, selten nur haben sie noch geringe Grade von Lichtempfindungsvermögen bewahrt.

Wenn die vegetative und sensitive Sphäre des Auges in der Diplopie und daher noch mehr in deren Abarten unmöglich ist, so bleibt nichts anders übrig, als den Grund derselben in dem dioptrischen Apparate zu suchen. Zufälliges Vorkommen der Diplopie und Polyopie in Augen, deren dioptrische Medien irgend eine sichtbare, krankhafte Veränderung eingegangen waren, verfehlte auch nicht, einzelne Männer auf die Möglichkeit der Begründung der Mehrsichtigkeit in dem dioptrischen Apparate aufmerksam zu machen. Bei dem totalen Mangel aller optischen Kenntnisse, konnte es aber nicht anders geschehen, als dass ein jeder Beobachter ein anderes Medium anklagte, je nachdem ihm der Zufall ein mehrsichtiges Auge mit Abnormitäten dieses oder jenes lichtbrechenden Mittels zugeführt hatte. So wurde bald die Cornea, bald die wässerige Feuchtigkeit, bald die Linse, mitunter auch der Glaskörper beschuldigt, ja, wer sollte es glauben, auch die Thränen sollten durch ihre Ansammlung vor dem Bulbus die Diplopie erzeugen können, indem dann theils Strahlen direct auf die Cornea auffallen, theils aber Strahlen, die durch die Thränen bereits gebrochen sind.

Mit ganz besonderem Ingrimme wird die Cornea verfolgt, wahrnehmbare Veränderungen derselben werden ohne weiters beinzichtigt, und wo nichts wahrzunehmen ist, werden ihr ganz einfach unsichtbare Abnormitäten zugeschrieben. So sind es bald partielle Trübungen, bald Facetten, die wieder einmal unter der Gestalt von Geschwüren oder von Substanzverlusten anderer Art in die Erscheinung treten, bald aber unnachweisbar sind, und daher bloss vorausgesetzt werden müssen, bald sind es stellenweise Verdichtungen, für deren Dasein sich auch nicht die kleinste Spur irgend eines vernünftigen Grundes anführen lässt, bald endlich ungemessene, ja nicht einmal beobachtete Krümmungsabnormitäten der Cornea.

Es ist nicht zu läugnen, dass Leukome, sie seien in einfacher Ablagerung plastischer Exsudate begründet oder mit Narben vergesellschaftet, in mehrsichtigen Augen vorkommen können, und ich werde später zeigen, dass der Cornealfleck auf indirectem Wege zur Mehrsichtigkeit führen könne. Doch eine ganz andere Frage ist, ob sie die die Cornea passirenden Strahlen in mehrere Bündel theilen können, deren jedes seinen abgesonderten Vereinigungspunkt hat, und daher eine Mehrheit von Bildern auf der Netzhaut veranlasst. Zufällig beschmutzte Objective oder Oculare eines Fernrohres, eines Mikroskopes, haben nie eine Verdopplung der durch sie betrachteten Bilder zur Folge, eben so wenig Flecke auf Brillengläsern u. s. w. Es ist also schon an und für sich unwahrscheinlich, dass Trübungen der Cornea Mehrsichtigkeit direct zu erzeugen im Stande wären. Übrigens können die auf trübe Flecke der Hornhaut auffallenden Strahlen kein Bild auf der Netzhaut erzeugen, denn die Trübung ist ja eben der Ausdruck der mehr oder weniger vollständigen Reflexion der Strahlen, es können bei Erzeugung der Mehrsichtigkeit also nur die Strahlen in Betracht kommen, welche die durchsichtigen Theile der Cornea passiren. Es ist jedoch kein Grund vorhanden, für diese andere Berechnungsgesetze voraus zu setzen, als in ganz normalen Hornhäuten, die ausser dem Bereiche der Hornhautflecken auffallenden Strahlen müssen alle in Einem, der Distanz des Objectes entsprechenden Punkte hinter dem dioptrischen Centrum des Auges zu einem Bilde vereiniget werden. Das Bild muss wegen der bedeutenden Vereinigung der zu seiner Gestaltung concurrirenden Strahlenmenge lichtschwächer sein, und seine Deutlichkeit muss um so mehr abnehmen, als auch von Seite des Cornealfleckes ein dichter Schatten darüber geworfen wird, denn für den dioptrischen Apparat des Auges steht jedenfalls die Cornealtrübung weit innerhalb der Brennweite, ihr Bild muss daher wegen der enormen Divergenz der Strahlen hinter der Linse in einem sehr ausgedehnten Zerstreuungskreise auf die Netzhaut fallen. Auch die Beugung der durch gesunde Cornealpartien gehenden Strahlen an den Rändern der Flecke kann nicht in Betracht kommen, da die Flecke immer wolkig, verschwommen sind, keine scharfe Grenze haben, und falls dennoch Beugung des Lichtes statt findet, sicherlich eine derartige Zerstreuung der Strahlen damit verbunden ist, dass an das Zustandekommen eines oder mehrerer, dem wahren ganz ähnlicher falscher Bilder nicht gedacht werden kann. Falls es Jemanden beifallen sollte, in dem Durchgange eines sehr feinen Strahlenbündels zwischen dem Rande des Leukoms und dem, ihm gegenüberstehenden Pupillarrande, als einer engen Öffnung, Ähnlichkeit zu finden mit den Bedingungen, unter welchen Beugungs-Phänome des Lichtes erzeugt werden, wo sodann eine Abbiegung des gesammten Bündels von dem normal gebrochenen Strahlenkegel möglich wäre, so genügt eine einfache Besichtigung der durch Spaltöffnungen zu Stande kommenden Spectra mit ihren Interferenzlinien und prächtigen Farben, um jeden Gedanken an eine solche Erklärung aufzugeben, selbst wenn man ganz übersähe, dass dann Vorschieben eines Kantenrandes vor die Pupille ebenfalls Diplopie erzeugen müsste, und dass Diplopie häufiger ohne, als mit Leukom auftritt.

Ganz so stellt sich auch aus der Erfahrung und aus der Theorie die Unmöglichkeit der Vermehrung der Netzhautbilder durch Corneal-Facetten heraus. Es kann Mehrsichtigkeit zwar in einem Auge mit facettirten Hornhäuten vorkommen, allein viel häufiger kommt die Mehrsichtigkeit in Augen vor, deren

Hornhäute nicht die geringste Spur einer krankhaften Veränderung darbieten, ja ich muss gestehen, bei einer namhaften Anzahl von fast centralen Hornhautfacetten, welche ich zu beobachten Gelegenheit hatte, nicht ein einziges Mal trotz aller darauf verwendeten Aufmerksamkeit die Mehrsichtigkeit gefunden zu haben. Würde man nun einwenden, dass nicht die sogenannten Resorptionsgeschwüre, sondern mit freiem Auge unbemerkbare Concavitäten in der Vorderfläche anscheinend ganz gesunder Hornhäute die Mehrsichtigkeit bedingen, so ist einfach zu entgegnen, dass es alsdann ganz unmöglich wäre, zu erklären, wie die Erscheinungen der Diplopie einmal vorhanden sein, ja unter gewissen Umständen sich bis zur Triplopie steigern können, während sie nach dem Verschwinden gewisser Verhältnisse ganz aufhören, um unter entsprechenden Bedingungen abermals in die Wahrnehmung zu treten. Doch zugegeben, die Mehrsichtigkeit sei in Facettirung der Cornea durch Substanzverluste mit ganz wasserhellem, durchsichtigem, concavem Grunde begründet, so gibt eine einfache Betrachtung der Lichtbrechungsverhältnisse in solchen Hornhäuten sogleich die Einsicht in die Unmöglichkeit einer directen Erzeugung falscher, den wahren ganz analoger Bilder. Es kann hier nur von Facetten die Rede sein, welche wenigstens theilweise in das Bereich der Pupille fallen, indem nur unter dieser Bedingung die durch die Facette normwidrig gebrochenen Strahlen zur Netzhaut gelangen.

Die in den physiologischen Werken gebrauchten Formeln für die Lichtbrechungsverhältnisse des Auges berücksichtigen sämmtlich zu wenig die sehr einflussreichen Dicken der einzelnen Medien. Ich halte mich daher an die anerkannt vortrefflichen Formeln des Herrn Professors Stampfer, wie er sie in dem 13. Bande der Jahrbücher des k. k. polytechnischen Institutes in Wien veröffentlicht hat.

Es sei für die Brechung der Lichtstrahlen an der Vorderfläche der Cornea die Distanz des Objectes $D_1 = \infty$. Der Vereinigungspunkt der auffallenden Strahlen $= F_1$, der Brechungsexponent im Verhältnisse zur Luft $M_1 = 1'''.339$, der Radius der Vorderfläche der Cornea $R_1 = 3.'''456$, die Dicke der Cornea im Mittelpunkte $q_1 = 0'''.4$.

Für die Brechung an der hintern Cornealfläche bezeichnen D_2 die Distanz des Objectes, F_2 den Vereinigungspunkt der auffallenden Strahlen, M_2 den relativen Brechungsexponent aus der Cornea in das Kammerwasser $= 0.998$ und R_2 den Radius der Hinterfläche der Cornea $= 2'''.772$.

Es seien ferner d_1, f_1, r_1, m_1, d_2, f_2, r_2 m_2, die reciproken Werthe der angegebenen Grössen. Es ist nun

$$f_1 = (1 - m_1)\, r_1 - m_1\, d_1 \text{ und weil } d_1 = 0$$
$$f_1 = (1 - m_1)\, r_1 = 0.07325$$
$$f_2 = (1 - m_2)\, r_2 - m_2\, d_2 \text{ und weil}$$
$$\frac{1}{f_1} = - D_2 + q_1$$
$$f_2 = (1 - m_2)\, r_2 + \frac{m_2 f_1}{1 - f_1 q_1}\ 0.07492$$
$$F_2 = + 13'''.35 \text{ d. i.}$$

parallel auf die Cornea auffallende Strahlen treten unter Winkeln in den Humor aqueus, als würden sie sich in einem, 13'''35 hinter der Cornea gelegenen Punkte vereinigen.

Es sei nun der Radius der Facette $R_1 = 4'''$ und die Dicke der Cornea in der Mitte der Facette sei $= 0'''.2$. Nimmt man abermals $D_1 = \infty$ so ist für die Brechung an der Vorderfläche der facettirten Cornealstelle $f_1 = (1 - m_1)\, r_1 - m_1\, d_1$ und weil $d_1 = 0$

$$f_1 = (1 - m_1)\, r_1 = + 0.0633 \text{ d. i.}$$

die Strahlen vereinigen sich in einem Punkte vor der Cornealfacette, es ist also, weil $\frac{1}{f_1} = + D_2 - q_1$ und $d_2 = + \frac{+ m_2 f_1}{1 + f_1 q_1}$

$$f_2 = (1 - m_2) r_2 - \frac{m_2 f_1}{1 + f_1 q} = 0.0634$$
$$F_2 = -15'''.7, \text{ d. h.}$$

die auf die Facette der Cornea treffenden Strahlen vereinigen sich scheinbar in einem, 15'''.5 vor dem Mittelpunkte der Cornealfacette gelegenen Punkte und fallen somit divergent in den *Humor aqueus.*

Angenommen nun, das diplopische Auge sähe das Bild, welches von den, durch die normalen Cornealpartien in das Auge gelangenden Strahlen erzeugt wird, so müssen diese Strahlen durch den Krystallkörper so gebrochen werden, dass ihre Vereinigung gerade auf der Netzhaut zu Stande kömmt. Nimmt man den optischen Mittelpunkt des Krystallkörpers in einer Entfernung von 2'''.32 hinter dem Centrum der Cornealfläche liegend an, wofür Gründe sprechen, so hat man mit Berücksichtigung der Krause'schen Messungen den Abstand des leuchtenden Punktes — a = 11'''.03 und die Vereinigungsweite der vorläufig durch die Cornea convergent gemachten Strahlen α = 7'''.38, und daraus lässt sich die Brennweite des Krystallkörpers relativ zu den umgebenden Medien (Kammerwasser und Glaskörper) berechnen; es ist

$$p = \frac{\alpha a}{a - \alpha} = 22'''.3.$$

Aus diesem findet man nun leicht die Vereinigungsweite der durch die Cornealfacette gehenden Strahlen, es ist hier a positiv und = 18'''

$$\alpha = \frac{ap}{a - p} = -93'''.$$

Die durch die Facette in das Auge gelangenden Strahlen werden durch die Linse vor dem Linsencentrum vereinigt, die Strahlen kommen divergent auf die Netzhaut, und die Wahrnehmung eines Bildes ist unmöglich.

Die directe Begründung der Diplopie in Cornealfacetten findet demnach in der Anwendung optischer Gesetze den Beweis ihrer Unmöglichkeit.

Manche Augenärzte haben sich sogar bemüht, den Causalnexus zwischen Cornealfacetten und diplopischen Bildern durch sogenannte physikalische Experimente handgreiflich zu machen. Sie hatten mit facettirten Sammellinsen gespielt, und indem durch solche Apparate wirklich zwei Bilder erzeugt werden, zweifelten sie keinen Augenblick an der Richtigkeit ihrer Annahme. Sie übersahen, dass die durch diese Linsen erzeugten Bilder jederzeit sehr verschieden in Stellung, Grösse und Lage seien. Ist der Radius der Facette z. B. kleiner als jener der nicht facettirten Linsenoberfläche und steht das Object innerhalb der Brennweite beider Linsentheile, so muss in der Facette ein verkehrtes vergrössertes Bild jenseits, in dem nicht facettirten Linsentheile aber ein aufrechtes vergrössertes Bild diesseits wahrgenommen werden. Steht das Object ausserhalb der beiden Brennweiten, so wird in der Facette ein verkleinertes aufrechtes Bild diesseits, in dem übrigen Theile der Linse aber ein verkleinertes verkehrtes Bild jenseits der Linse erzeugt werden. Eben solche Verschiedenheiten ergeben nun Facetten mit grösseren Radien, und sie lassen sich aus den, in jedem Handbuche der Optik enthaltenen Formeln leicht entwickeln.

Die zufällige Combination einer doppelten oder dreifachen Pupille mit Mehrsichtigkeit hatte auch einige Augenärzte veranlasst, letztere aus der ersteren ableiten zu wollen. Man glaubte in dem Scheiner'schen Versuche eine Hindeutung auf den Vorgang bei Vermehrung der Bilder in solchen Augen zu sehen.

Es liegt jedoch auf der Hand, dass zwischen den Erscheinungen im Scheiner'schen Versuche und der Mehrsichtigkeit bei mehrfacher Pupille durchaus keine Beziehung stattfinde. In dem Scheiner'schen Versuche, soll er gelingen, ist Hauptbedingung, dass die Kartenlöcher sehr fein, und das sie trennende

Zwischenstück relativ von bedeutender Breite sei, so dass der dioptrische Apparat zum grössten Theile beschattet ist und sofort nur sehr dünne Strahlencylinder in das Auge gelangen, deren jeder unter sich nahebei parallele Strahlen enthält, die demnach auch unter fast gleichem Winkel auf Cornea und Linse fallen, und eben desshalb keine merklichen Zerstreuungskreise auf die Netzhaut werfen können, das leuchtende Object möge in welch' immer für einer Distanz vom Auge liegen. Es entstehen unter diesen Bedingungen stets zwei Bilder scharf und rein, wenn die Accommodationsweite des Auges der Objectsdistanz nicht entspricht, und die Bilder stehen um so weiter von einander ab, je grösser die Differenz ist zwischen der Accommodationsweite und der Entfernung des Objectes.

Soll nun Mehrsichtigkeit durch eine mehrfache Pupille erzeugt werden, so müssen die so erzeugten Doppelbilder auch denselben Gesetzen gehorchen. Nach der Erfahrung aller Zeiten sind Augen mit künstlichen Pupillen und solche mit mehrfachen Sehlöchern der Accommodations-Fähigkeit verlustig, und um nähere Gegenstände zu sehen, bedürfen sie convexer Brillen, ihre fixe Accommodationsweite ist also eine sehr bedeutende. Unter solchen Prämissen müssten die Doppelbilder aus einander treten, sobald sich das Object dem Auge nähert, also gerade das Verkehrte von dem, was bei der Mehrsichtigkeit allgemein beobachtet wird. Ich übergehe eine Unzahl von anderen Gegengründen, wie z. B., dass dann der Zwischenraum zwischen beiden Bildern dunkel erscheinen müsste etc., und wende mich einfach zu dem schlagendsten Beweis von der Unmöglichkeit der Entstehung der Doppelbilder durch eine mehrfache Pupille, ein Beweis, der aus der Unmöglichkeit der Bildung eines begrenzten Schattens durch das die einzelnen Sehlöcher trennende Zwischenstück der Iris hergenommen ist. Die Iris liegt nämlich, wie ich anderorts bewiesen habe, der Linse unmittelbar auf; soll hinter der Linse ein Bild des Zwischenstückes entstehen, so muss dieses letztere nothwendig ausserhalb der negativen Brennweite der Linse liegen, bei dieser Stellung des Zwischenstückes ist aber, die Brennweite p der Linse sei welche sie wolle, der Abstand a des Zwischenstückes jedenfalls kleiner, und weil

$$\frac{1}{\alpha} = \frac{1}{p} - \frac{1}{a} \text{ und } p > a,$$

so ist α negativ.

Der Schatten des Zwischenstückes wird über eine grosse Fläche der Netzhaut ausgebreitet, es wird die scheinbare Helligkeit des Bildes des Objectes etwas abgenommen haben, getheilt aber kann letzteres nie werden.

Was die Theorie lehrt, bestätigt nun auch die Erfahrung. Man leime schwarze Papierstreifen auf eine Convexlinse, das auf einem Schirme dahinter aufgefangene Bild eines leuchtenden Objectes wird matter, nimmermehr gedoppelt. Übrigens weist auch die oculistische Praxis die Unhaltbarkeit dieser Hypothese nach, indem nur sehr selten Augen mit mehrfacher Pupille diplopisch getroffen werden. Sollte aber wirklich eine derartige Combination vorkommen, so ist aus den oben angeführten Gründen die Ursache der Bildervermehrung sicher in anderen Umständen zu suchen, und spätere Capitel werden den indirecten Zusammenhang dieser beiden Krankheitserscheinungen an's Tageslicht stellen.

Nicht glücklicher war man mit der Erklärung der Diplopie aus krankhaften Veränderungen der Linse. Würde man die Erscheinungen der Diplopie und die dioptrischen Gesetze nur mit einiger Aufmerksamkeit studirt haben, so wäre es ganz unmöglich gewesen, partielle Trübungen der Linse, beginnende Katarakten in directen Causalnexus zu bringen mit der Mehrsichtigkeit. Man würde dann eingesehen haben, dass die trüben Stellen der Linse eben desshalb trübe sind, weil sie das auffallende Licht reflectiren und daher wenig Lichtstrahlen zur Netzhaut gelangen lassen, die durchsichtigen Theile der Linse aber, indem sie ihrer Form nach unverändert bleiben, keine Änderung ihrer Brechungsverhältnisse erlitten haben können. Es können also nur Beugungsphänomene an den Rändern der getrübten Linse

hervorgebracht werden, gebeugtes Licht ist aber zerstreutes Licht, und es frägt sich, welcher lichtsammelnde Apparat hinter der Linse diese zerstreuten Strahlen zu einem oder mehreren falschen Bildern sammeln soll. Sollte es Jemanden beifallen, eine Theilung des durch die Linse gesammelten Bildes aus balkenartigen oder aus anders gestalteten Trübungen einzelner Linsentheile deduciren zu wollen, so verweise ich ihn einfach auf die, gegen die Erzeugung der Diplopie aus mehrfacher Pupille aufgeführten Gründe und rathe ihm, Experimente mit beschmutzten, zerkratzten und aus unreinem Glase verfertigten Sammellinsen zu machen.

In der Sucht, das Phänomen der Diplopie zu erklären, hatte man auch zerstückelte Linsen als die Ursachen der Mehrsichtigkeit hingestellt. Spontan zerfällt nur eine kataraktös degenerirte Linse in mehrere Stücke, hier kann von keiner Diplopie die Rede sein, indem die Stücke das Sehloch verlegen. Würde aber auch einmal eine gesunde Linse zerstückelt, so bleiben die Stücke entweder in gegenseitiger Berührung, die Form der Linse wird nicht geändert, bis nachträglich Katarakt eintritt, welche das Auge unbrauchbar macht, oder aber werden die einzelnen Stücke der durchsichtigen zerbröckelten Linse gegenseitig getrennt, und dann gehört wieder nicht viel dazu, um einzusehen, dass diese Stücke eben ganz unregelmässige Stücke sind, die, wollte man ihre Brechungsverhältnisse studiren, in eine Unzahl Prismen von den verschiedensten Brechungswinkeln zerlegt werden müssten, und da Prismen das Licht nicht sammeln, sondern ablenken und zerlegen, so müsste eine solche Zerstückelung der Linse, wie es auch die Erfahrung zeigt, wohl eine gänzliche Zerstreuung der nach allen Richtungen abgelenkten Strahlen, nur Lichtempfindung, nie aber die Wahrnehmung eines oder mehrerer gesonderter Bilder vermitteln. Dieses scheint man auch eingesehen zu haben, und daher wurde hier und da auf eine Gestaltveränderung der Linse das Augenmerk gerichtet. In durchsichtigen Linsen hat zwar noch Niemand einen solchen Formwechsel beobachtet, doch was beirrt das? Man ging sogar so weit, als einen Grund der Möglichkeit eines Formwechsels der Linse die Beobachtung von Monro anzuführen, der eine harte *Cataracta* von natürlicher Grösse, aber dreieckig, mit unebener rauher, gelblichweisser Oberfläche gefunden hat; ja sogar der Kegel, welcher die *Cataracta pyramidalis* constituirt, soll einen derartigen Grund abgeben.

Es bedarf nun wohl in unsern Zeiten, wo wenigstens die anderen Zweige der Medicin sich von der naturphilosophischen Richtung emancipirt und frei von Autoritätsglauben auf dem Wege kritischer Forschung mächtig emporgearbeitet haben, keiner langen Deduction, um die Unrichtigkeit eines Schlusses von der Gestalt eines ganz in seinem Innersten metamorphisirten Organes auf dessen Verhalten im normalen Zustande darzuthun und zu zeigen, dass eine dreieckige Linsenkatarakte für die Möglichkeit einer Gestaltveränderung in Linsen, welche in voller Integrität bestehen, durchaus keine Chancen biete. Wer nur einige Linsenkatarakten verschiedener Gattungen mikroskopisch untersucht, wird finden, dass der Gestaltwechsel derselben schon eine Folge weit vorgeschrittener Metamorphosen der kataraktös gewordenen Linsensubstanz, in secundären Processen bereits staarig entarteter Linsenschichten begründet sei. Ich muss diese Verhältnisse hier unberücksichtiget lassen, um sie späteren Mittheilungen aufzusparen, da sie ohnehin nicht in die Grenzen meines Thema's fallen.

Doch angenommen, es wären wirklich Facetten in der Linsenoberfläche aus anatomischen Befunden kranker Linsen wahrscheinlich gemacht; angenommen, es wäre ein solcher Substanzverlust in der Linsenoberfläche möglich, ohne dass die Durchsichtigkeit der angrenzenden Linsenschalen im geringsten durch den zu Grunde liegenden Process leide. Was geschieht in solchen Verhältnissen mit der Linsenkapsel?

Ich werde binnen Kurzem aus einer grossen Anzahl mikroskopischer Befunde den Beweis herstellen, dass die Kapsel, ein Epithelialgebilde, der Zusammenziehung und sofort der Flächenverminderung nicht fähig sei, sondern bei jeder Metamorphose der Linsensubstanz, letztere möge schrumpfen wie sie will, ihren

ursprünglichen Flächeninhalt behalte, bei Massenveränderung der Linsensubstanz daher sich in unzählige, gewöhnlich ganz unregelmässige Falten werfe, deren Menge, Höhe und Steilheit der Abdachung im geraden Verhältnisse zur Volumsverminderung der Linse wächst. Wenn nun auch die Kapsel wegen ihrer Dünnheit im gespannten Zustande wenig Einfluss auf die Brechungsverhältnisse des Auges üben kann, so ändert sich das Verhältniss, wenn selbe gefaltet und die Strahlen in sehr grossen Einfallswinkeln auf sie fallen. Wegen dem unbedeutenden Brechungsexponenten der Kapsel wird an den Falten sehr viel Licht reflectirt, der übrige Theil aber unregelmässig zerstreut und an eine Erzeugung eines zweiten Bildes durch die Linsenfacette ist nicht mehr zu denken.

Doch gesetzt, es ziehe die Kapsel ungefaltet, gespannt über die Facette, und die Oberfläche derselben sei vollkommen glatt und überdies ein reguläres Kugelsegment. Chossat's Untersuchungen haben den Brechungsexponent der äusseren Linsenschichten dem des *Humor aqueus* ganz gleich herausgestellt. Jedenfalls spricht der Mangel eines Spiegelbildes von der vorderen Linsenfläche positiv gegen die Annahme einer namhaften Differenz. Man will zwar ein solches Spiegelbild gesehen haben, denn Jeder schämt sich, etwas nicht zu sehen, was ein Anderer vorgibt zu finden, doch muss man sich bei solchen Untersuchungen nicht täuschen, und wer vorurtheilsfrei an diese Untersuchungen geht, wird sich von dessen Mangel jederzeit überzeugen. Als Gewährsmann für meine Behauptung glaube ich keinen besseren anführen zu können, als den gründlichen Forscher, Herrn Professor Stampfer. Fehlt aber das Spiegelbild an der vorderen Linsenfläche, so kann der Brechungsexponent beider Medien nicht sehr verschieden sein, der Lichtstrahl geht, ohne eine bedeutende Brechung zu erleiden, durch und es können Facetten an der Oberfläche der Linse keine merklich abweichenden Brechungen der Strahlen veranlassen. Man müsste also diesem zu Folge die Facetten bis in das Parenchym des dichteren Kernes eindringend denken. Abgesehen von der Unmöglichkeit eines so tief greifenden Substanzverlustes der Linse ohne Veränderung der inneren Organisation und sofort ohne Verlust der Durchsichtigkeit, abgesehen davon ist noch zu berücksichtigen, dass unter solchen Verhältnissen die Lichtstrahlen aus dem *Humor aqueus* rasch in den viel dichteren Kern eindringen, und sofort ein sehr lichtstarkes Spiegelbild erzeugen müssten, welches meiner Erfahrung nach in diplopischen Augen nicht existirt, und auch bis jetzt noch von Niemanden als vorhanden angegeben wurde.

Die Schwächen dieser Hypothese waren auch zu auffallend, als dass sich nicht gleich Anfangs Männer gegen dieselbe erhoben hätten. Diese glaubten es besser zu machen, wenn sie statt der Facetten lieber eine winkelige Biegung der Linse als Ursache der Diplopie annahmen. Für den ersten Augenblick könnte man wirklich glauben, dass das Faser-Curvensystem der Linse dieser Formenveränderung günstig sei. Es brauchen sich in einem Durchmesser des Krystallkörpers die jungen Zellen und saftigen Fasern nur stärker zu entwickeln, saftreicher zu werden, und ein winkeliger Vorsprung der Linse ist gegeben. Allein bedenkt man den Widerstand, den einem solchen partiellen Vorwärtsdrängen der Linsenmasse die straff gespannte Kapsel entgegensetzen muss, so fällt auch diese Hypothese. Es wäre eine sehr bedeutende Consistenz der ganzen oberflächlichen Schichten der Linse erforderlich, um zu verhüten, dass die wuchernden Linsenelemente, statt nach der Fläche sich auszubreiten, gerade nach vor- oder rückwärts in einen Sattel sich erheben könnten. Man könnte aber auch auf den Gedanken verfallen, dass eine, auf den Bulbus wirkende Kraft oder vielleicht gar ein, die Linse direct treffender Druck den Krystall winkelig zu biegen im Stande sei. Hier frägt es sich aber, wo ist diese Kraft, wo sind ihre Angriffspunkte? Sind es vielleicht die Augenmuskeln? Diese können es nicht sein, denn diese wirken auf die Wände des Augenapfels, von denen die Linse durch Weichtheile und Flüssigkeiten getrennt sind; ein auf die Wand des Bulbus ausgeübter Druck muss auf alle Contenta des Augapfels gleichmässig vertheilt werden, alle Punkte der Linse werden von ihm gleichmässig getroffen, eine einseitige Vorbauchung der Linse

ist also nicht möglich. Oder ist es die Iris in Verbindung mit dem Ciliarmuskel, welche durch ihre Zusammenziehung und sofortige Verflachung des von ihnen beschriebenen Bogens auf die Ciliarfortsätze drücken, und so mittelst der Zonula an dem Linsenrande gleich Spangen ziehen? Sollte eine Ungleichmässigkeit in der Zusammenziehungskraft einzelner Muskelfaserpartien eine ungleichmässige Spannung der Kapsel und sofort eine winkelige Verbiegung der Linse zu Stande bringen? Auch dieses ist nicht möglich, denn die Ciliarfortsätze drücken direct auf die Vorderwand des Petit'schen Canales, der mit Wasser gefüllt ist, mit Wasser, welches einen ungleichmässigen Druck alsogleich auf alle Punkte rings um die Linse gleichmässig vertheilen muss.

Doch, um positive Gründe gegen die Hypothese vorzubringen, gesetzt, es wäre wirklich eine winkelige Biegung an der Linse gegeben, was kann diese bei dem geringeren Unterschiede zwischen den Brechungsexponenten der äusseren Linsenschichten und des Kammerwassers für einen Einfluss auf den Gang der Strahlen haben? Gar keinen, so lange der Kern nicht selbst winkelig gebogen ist, und diesen als winkelig vorauszusetzen, ist bis jetzt noch Niemanden beigefallen.

Übrigens würde unter solchen Umständen wieder zu eruiren sein, wo die winkelige Biegung bei pleiopischen Augen ohne Linse zu suchen sei. Es finden sich zwar auch in Bezug auf diesen Punkt Auswege in den Annalen der Ophthalmologie, denn es wurde vor ganz kurzer Zeit auch behauptet, dass der Glaskörper durch, auf den Bulbus drückende Geschwülste eine winkelige Gestalt bekomme und so die Diplopie erklären könne, allein diese Behauptung, so wie Erklärung der Diplopie aus Erweichung des Glaskörpers und der Linse und die Ableitung derselben aus dem Mangel an *Humor aqueus* und sofortiger beutelförmiger Faltung der ganz erschlafften Cornea tragen den Stempel der Unwahrheit zu offenkundig an der Stirne, als dass es nöthig wäre, auch nur ein Wort zu deren Widerlegung beizubringen.

So war ungefähr der Stand der Kenntnisse über Pleiopie, als Prevost, der selbst pleiopisch war, seine diesfälligen Erfahrungen veröffentlichte. Er geht auf die nähere Begründung der Erscheinungen nicht ein, sondern behauptet, die Verdoppelung der Bilder im Auge könne auf mehr denn eine Weise zu Stande kommen. Doch sei die einfachste der möglichen Erklärungen aus Formveränderungen der Linse zu schöpfen, ein Sprung, eine muschelähnliche Vertiefung reiche hin, ein doppeltes Bild zu erzeugen, ja es brauche hierzu nur ein Linsensegment mehr gegen das andere geneigt zu sein oder eine Abplattung darzubieten. Prevost bringt also über die Ätiologie der Mehrsichtigkeit im Grunde genommen nichts Neues, doch kann man ihm, der kein Ophthalmolog war, die Verstösse nicht zurechnen, welche er mit seiner Hypothese gegen die Organisationsgesetze des Auges begeht.

Steifensand war der zweite, welcher, durch Prevost's Arbeit aufmerksam gemacht, die Diplopie einer genaueren Untersuchung werth hielt, und sich in deren Erklärung versuchte (Gräfe's und Walther's Journal, 23. Band, S. 80). S. 97 bemerkt er, dass man leicht auf die Vermuthung gerathen könnte, dass vielleicht eine doppelte Strahlenbrechung, wie sie bei gewissen Krystallen beobachtet wird, zu Grunde liege. Allein die Einfachheit dieser Erklärungsweise mag ihm keine Lorbern zu versprechen geschienen haben, er wandte sich sogleich von dem Gedanken ab, und lehnte sich lieber an den Ausspruch Walther's: das Auge sei ursprünglich aus zwei seitlichen Hälften gebildet!! „Es liesse sich wohl denken," heisst es S. 99, „dass in der innersten Organisation der Theile noch eine hinreichende Spur von Trennung und Gegensatz zurückgeblieben sein könnte, um zu bewirken, dass die über den eigentlichen Centralfocus hinausgehenden Strahlen eines äussern Objectpunktes nicht nach allen Richtungen zerstreut werden, sondern bloss in zwei neue, seitliche Strahlenbündel sich theilen, welche Trennung in zwei convergirende Strahlenbündel durch solche Beschaffenheit des dioptrischen Apparates freilich schon gleich entstehen muss, im Centralfocus aber durch die Vereinigung beider gleichsam verschwindet, und hierauf erst bei ihrem weiteren Fortgange zur Retina wieder zum Vorschein kommen kann, wo sie das Doppelbild erzeugt.

Letzteres Weitergehen aus dem Centralfocus kann aber nur bei dem myopischen Auge stattfinden, indem bei dem normalen Auge jener gerade auf die Netzhaut fällt."

Wohl dem, der dieses versteht, es geht über meine Fassungsgabe, und es scheint auch Steifensand so gegangen zu sein, indem er sich sehr bald aus der schwindelnden Höhe dieser Hypothese herablässt, und sehr prosaisch das Doppelsehen aus einer Nichtübereinstimmung der Axen der Cornea und der Linse zu erklären sucht (Ammon's Monatschrift, 1. Band, S. 212). Um nur einigen Halt zu gewinnen, nimmt er ohne weiteres an, diese Nichtübereinstimmung beider Axen sei ein normales Verhältniss, und in normalen Augen würden nur desshalb keine Doppelbilder gesehen, weil hier die beiden Brennpunkte auf der Retina zusammenfallen, während in myopischen die Foci vor die Netzhaut und die Doppelbilder daher um so weiter aus einander fallen müssen, je weiter der Gegenstand entfernt ist.

Auch Szokalski war anfänglich dieser Meinung und belegte seine Behauptung mit vorgeblich angestellten Experimenten mit Brillengläsern, die er so gestellt haben will, dass ihre Axen nicht zusammenfielen. Objecte, durch diese so gestellten Gläser betrachtet, sollen nun doppelt gesehen worden sein. Schon Decondé hat nachgewiesen, dass Szokalski diesen Versuch gar nicht gemacht haben kann, und wer sich nur immer die Mühe nimmt, das angegebene Experiment auszuführen, wird Decondé beistimmen. Wer hat je ein doppeltes Bild gesehen, wenn er durch ein Fernrohr Objecte fixirte, welches Fernrohr durch vielen Gebrauch bereits so schadhaft geworden ist, dass die einzelnen Züge desselben nicht mehr passen, sondern Seitenbewegungen gestatten? Hier sieht man doch offenbar durch Gläser, deren Axen nicht übereinstimmen. Es liesse sich auch gar kein optisches Gesetz für eine solche Brechung anführen.

Szokalski verliess selbst bald diese Theorie, indem er durch Construction optischer Figuren fand, dass bei verschiedener Axenstellung der Cornea und Linse die auf verschiedene Stellen der Cornea auffallenden Strahlen verschieden stark und ohne sich auf der Axe zu einem Punkte zu vereinen, gebrochen werden, dass aber die centralen, zwischen diesen durchgehenden Strahlen zwischen die präsumtiven Doppelbilder fallen, daher nicht zwei, sondern nur Ein verzerrtes Bild auf der Netzhaut entstehen müsse.

Leider hat er sogleich wieder auf diese centralen Strahlen vergessen, und so geschah es, dass er einer Theorie huldigen konnte, die von Decondé aufgestellt wurde und bis jetzt den meisten Anhang gefunden hat, aber so wie ihre Vorgänger durch die Gesetze der Lichtbrechung und durch die Praxis sich als unmöglich herausstellt.

Es wird vorausgesetzt, dass die Cornea einen viel grösseren Einfluss auf die Brechung der Lichtstrahlen im Auge habe, als die Linse, indem der Unterschied zwischen der Dichtigkeit der äussern Luft und der Cornea viel grösser sein muss, als jener zwischen der Dichtigkeit des Kammerwassers und der Linse. Die Cornea ist also das hauptsächlichste der brechenden Medien im Auge. Decondé nimmt nun an, die Cornea werde in Folge etwas kräftigerer Contractionen der Augenmuskeln bei intensiven Anstrengungen des Gesichtsorganes in Gestalt eines sphärischen Winkels vorgedrängt und so in zwei, durch eine Kante getrennte Seitenhälften abgetheilt. Jede dieser Seitenhälften soll nun ihren besonderen Focus haben und so die Diplopie erzeugen. Sind beide Seitenhälften gleich, so erscheinen auch die Doppelbilder gleich, ungleich aber, wenn durch ungleiche Contractionen der einzelnen Augenmuskeln die beiden Cornealhälften ungleich ausgefallen sind. Bei Myopen, die gewöhnlich mit der inneren Hälfte der Cornea sehen (?), soll desshalb das äussere Bild das undeutliche sein. Auch den Umstand glaubt Decondé aus dieser Theorie erklären zu können, dass nahe Gegenstände einfach gesehen werden, ja manchmal bloss Gegenstände mittlerer Entfernung doppelt erscheinen. Es braucht bloss (!!) die innere Hälfte der Cornea myopisch, die äussere presbyopisch zu sein, so liegt die Nothwendigkeit dieser Erscheinung klar am Tage, die nahen Gegenstände fixirt der Kranke durch die innere Hälfte der Cornealhälfte, die sehr fernen durch

die äussere, und nur Objecte mittlerer Distanz mit beiden Hälften. Ja sogar die verschiedene Grösse der Bilder soll abhängen von der verschiedenen Krümmung der beiden Cornealcurven, indem die mehr convexe ein kleineres Bild geben muss. Die Lage der Bilder zu einander soll immer senkrecht auf die Kante des Winkels der Cornea sein.

Eine solche Gestaltveränderung der Cornea soll nun sehr leicht sein durch die Zusammenziehung der Augenmuskeln, indem die Wände des Bulbus nicht straff gespannt, sondern schlaff sind. Daher sollen auch intensive Anstrengungen des Auges beim Besehen kleiner und sehr naher Objecte die Diplopie erzeugen. Daher soll man bei starker Contraction des *Musculus orbicularis* und sofortiger Verengerung der Lidspalte Diplopie, ja selbst Polyopie hervorrufen können, welche nur in der winkeligen Biegung der Cornea durch die darauf drückenden beiden Hälften des *Orbicularis* begründet sind. Daher soll man durch Spannung des äusseren Winkels der Lidspalte nach oben und aussen mehrsichtig werden, und besonders durch starkes Fixiren eines Objectes mit intensiver Anstrengung der Augenmuskeln sogleich die Bilder verdoppeln können.

Dass aber in Folge des Muskeldruckes wirklich eine Formveränderung der Cornea eintreten könne, soll aus einem Falle von Fl. Cunier hervorgehen, der nach Durchschneidung des *Musculus externus* bei einem Kaninchen die äussere Seite des Bulbus stark hervorgetrieben sah. Als weiterer Beleg soll der Umstand dienen, dass man durch gleichmässigen Druck auf die Vorderfläche des Bulbus mittelst eines Ringes niemals Diplopie erzeugen könne, wohl aber Polyopie, wenn man einen einseitigen Druck auf den Bulbus ausübt, oder aber mittelst eines Ringes auf die halbgeöffneten Lider drückt, und während dem den äusseren Spaltwinkel nach innen zieht.

Szokalski führt diese Theorie noch weiter. Als Beweis für den Sitz der Verdoppelung der Bilder in der Cornea führt er einen Fall an, wo Doppelsichtigkeit nach Anlegung einer künstlichen Pupille und Zerstückelung der Linse vorgekommen war. Er gibt nun zwar zu, dass die sphärisch-winkelige Krümmung der Cornea bisher noch nicht beobachtet sei, doch sei dieser Formfehler leicht zu übersehen, und an seiner Existenz um so weniger zu zweifeln, als er mit allen über Doppelsichtigkeit gemachten Erfahrungen übereinstimme, und die Erklärung der Phänomene so wie aller Nebenerscheinungen der Diplopie sehr gut ermögliche. Als Beweis für die Gültigkeit seiner Ansicht führt S. nun an, dass man einen horizontalen Streifen verlängert sehen kann, wenn man die Augenlidspalte horizontal nach aussen zieht, doppelt aber, wenn der Zug schief nach aussen und oben gerichtet ist, eine Erscheinung, die nur durch einen auf die Cornea ausgeübten Druck und sofort durch eine Theilung derselben in zwei Hälften erklärt werden kann. Die beigesetzte Fig. XXIII soll Alles ersichtlich machen. Schiebt man ein Kartenblatt von der Seite her vor die Cornea, so muss erstlich das entgegengesetzte Bild verschwinden; convexe Brillen müssen die Brechung vermehren und so die Doppelbilder aus einander rücken, concave aber das Gegentheil bewirken und sie endlich zusammenfallen machen. Mit der Brechung wird das Licht auch zerstreut; es werden die weniger brechbaren Strahlen *gh* dem Centrum näher fallen, die brechbareren *fi* aber nach aussen zu stehen kommen und so Farbensäume bilden, die desto stärker ausgesprochen sind, je grösser die Distanz der Doppelbilder ist. Dass die Bilder an ihrem inneren Rande mit Beimischung von Roth erscheinen, soll daraus erklärlich sein, dass die Netzhaut aus drei Zonen bestehe, deren vorderste bloss Weiss und Schwarz, die mittlere ausserdem noch Blau und Gelb, das Netzhautcentrum aber auch noch Roth unterscheide.

Als letzter Grund für die Richtigkeit dieser Auffassungsweise der Diplopie werden endlich noch eine Anzahl von Beobachtungen der Doppelsichtigkeit nach Operationen des Strabismus angeführt. Relative oder absolute Schwäche eines Muskels soll demzufolge Diplopie erzeugen, was nur durch winkelige Biegung der Cornea erklärlich sei.

Aus der von Szokalski beigebrachten Fig. XXIII ist zu ersehen, dass derselbe, wie sich auch überall aus dem Contexte seines Aufsatzes ersehen lässt, eigentlich keinen sphärischen Winkel der Cornea, sondern nur eine Biegung derselben in der Form einer abgerundeten Kante gemeint habe. Ich war so glücklich, einen Fall zu beobachten, in welchem eine solche Biegung der Cornea ganz eclatant wahrzunehmen war und verabsäumte natürlich nicht, denselben so gut als möglich auszubeuten.

Der achtzehnjährige Taglöhner L. J. hatte vor 16 Monaten an einer sehr hochgradigen Ophthalmoblennorrhoe gelitten, in Folge deren auf dem rechten Auge die Cornea an zwei, vertical über einander stehenden Punkten ihres Randes, und zwar innerhalb des senkrechten Durchmessers derselben durchbrochen wurde. Die Iris fiel vor, stopfte die Öffnungen, und erzeugte so zwei unregelmässig ovale, quergelagerte, dunkelbläuliche, durchscheinende, knopfförmig hervorragende, flache Bläschen, deren Rand durch einen schmalen, weissgrauen, sehnigen Ring mit den Lochrändern der Cornea fest verwachsen erscheint. Zwischen diesen beiden hanfkörnergrossen Staphylomen springt die Cornea in Gestalt einer senkrecht von oben nach unten laufenden abgerundeten Kante hervor. Die Mittellinie dieser Kante fällt $^1/_2'''$ nach einwärts von dem senkrechten Durchmesser der Cornea und von jener Mittellinie fällt die Hornhautfläche in einem sanft gekrümmten Bogen gegen die äussere Peripherie, steil aber gegen den inneren Umfang ab (Fig. XXIV). Ausser den sehr schmalen, die Staphylome umgrenzenden Ringen ist die Cornea in ihrer ganzen Ausdehnung vollkommen klar und durchsichtig. Die lebhaft rothbraune Iris liegt nahe an der Descemeti, die Pupille ist oval, ihr freier Randtheil in der Richtung von aussen nach innen beweglich. Sie bildet eine, einer Ellipse ähnliche Figur mit senkrecht, gerade hinter der Cornealkante gestellter Längsaxe, deren beide Scheitel abgestutzt sind und in die beiden Staphylome fallen würden. Die Breite der Pupille ist gewöhnlich $^5/_4$ Linien.

Als Objecte zu den mit ihm angestellten Sehversuchen wurden drei schwarze Striche auf weissem Grunde verwendet, welche bei einer Länge von einem Zoll eine Linie Breite hatten. Der eine dieser Striche stand senkrecht, der andere quer, der dritte aber war schräg von unten und links nach oben und rechts aufsteigend.

Ich prüfte das Sehvermögen für verschiedene Entfernungen, in unbewaffnetem und in bewaffnetem Zustande des Auges, und die nachstehende Tabelle gibt über die dadurch gewonnenen Resultate eine Übersicht. In der zweiten Rubrik derselben sind die Distanzen der drei Objectivstreifen bei jedem einzelnen Versuche angegeben. Bei den Brillen jedoch steht die Brennweite derselben in Zollen ausgedrückt vor der Objectsdistanz, welche letztere in Schuhen = ′ und Zollen = ″ bemessen wurde.

Rechtes Auge	Objects-Distanz		senkrechter Streifen	wagrechter Streifen	schräger Streifen
Freies Auge	3′		Bloss das Papier, keinen der Streifen		
	2′		trübe, geradlinig	nicht	nicht
	15″		trübe, neblig, nach links gekrümmt	sehr schwach, geradlinig	trübe, geradlinig
	10″		deutlicher, nach links convex	etwas weniger neblig, mehr schwarz	schwarz mit verschwommenem Rande
	5″—6″		stark convex nach links, deutlicher als früher	nebliger als bei 10″ Distanz	undeutlicher als bei 10″ Distanz
Feines Kartenloch	4′		Bloss das Papier, keinen der Streifen		
	3′		nicht	sehr trübe	nicht
	2′		schwach, neblig	sehr trübe	nicht
	1½′—6″		scharf und deutlich	scharf und deutlich	scharf und deutlich
Feiner Spalt	wagrecht	4′	Bloss das Papier, keinen der Streifen		
		2½′	sehr trübe	ziemlich scharf, schwarz	sehr trübe
		1½′	Sehr scharf und deutlich		
	senkrecht	4′	Bloss das Papier, keinen der Streifen		
		2½′	scharf und deutlich	nicht	nicht
		1½′	scharf, schwarz	scharf, schwarz	scharf, schwarz
Concav-Brillen	24″	14″	nicht	sehr trübe	nicht
	14″	14″	scharf, geradlinig	nicht	nicht
	10″	14″	sehr scharf, gerade	nicht	sehr trübe
	6″	14″	sehr scharf, gerade	nicht	nicht
	6″	8″	sehr scharf, gerade	nicht	sehr trübe
Convex-Brillen	30″	3″	Weder das Papier, noch die Streifen		
	30″	2′ 3″	nicht	nicht	sehr trübe
	30″	16″	sehr trübe	sehr trübe	sehr trübe
	30″	10″	trübe	trübe	trübe
	14″	3′	Weder das Papier, noch die Streifen		
	14″	2½′	nicht	sehr trübe	sehr trübe
	14″	1½′	sehr trübe	trübe	trübe
	14″	1′	ziemlich deutlich, gerade	ziemlich deutlich	ziemlich deutlich
	6″	3′	nicht	sehr trübe	nicht
	6″	2′	nicht	trübe	sehr trübe
	6″	14″	trübe, gerade	scharf und deutlich	trübe
	6″	6″	wenig trübe	sehr scharf, deutlich	sehr scharf, deutlich
	4″	3′	Weder Papier noch Streifen		
	4″	6″	Weder Papier noch Streifen		

Der angezogene Fall beweist wohl hinlänglich, dass eine stumpfwinkelige Biegung der Cornea selbst unter den günstigsten Verhältnissen keine Verdoppelung des Objectbildes im Auge zu erzeugen im Stande sei, dass sie vielmehr gleich einem cylindrischen Glasscherben, z. B. dem Stücke einer Seitenwand von einem Trinkglase u. s. w. das Bild bloss verzerre oder aber verkrümme. Die Unmöglichkeit einer Verdoppelung der Bilder durch eine im Sinne Szokalski's gekrümmte Cornea wird Jedermann ganz deutlich werden, wenn er sich in Szokalski's Figur centrale Strahlen einzeichnet, diese müssen doch offenbar auf der Netzhaut zwischen die beiden präsumptiven Foci der seitlichen Strahlen fallen und auch gesehen werden. Da sich aber keine scharfe Grenze zwischen Centralstrahlen und Seitenstrahlen ziehen lässt, so kann auch die Grenze zwischen den drei Bildern nicht scharf sein, es kann nur Ein Zerstreuungskreis, nicht mehrere auf der Netzhaut entstehen, und somit nicht mehrere Bilder, sondern nur Eines wahrgenommen werden. Bei den Seitenstrahlen kann übrigens nur die zunehmende Grösse des Einfallswinkels die stärkere Ablenkung der Strahlen verursachen. Ist dieses der Fall, so müssten die Doppelbilder um so weiter aus einander rücken, je näher das Object ist, indem mit der Verkürzung der Objectsdistanz auch die Grösse des Einfallswinkels der Strahlen wächst, es müsste also gerade das Gegentheil von dem Statt haben, was allgemein beobachtet wird. Wie würde sich weiters die Steigerung der Diplopie zur Triplopie, wie die Polyopie erklären lassen?

Nehmen wir nun an, es sei (Fig. XXV) die Cornea in einen wahren sphärischen Winkel gebogen, und die Kante stehe gerade in dem senkrechten Durchmesser der Hornhaut, so dass deren gekrümmte Fläche in der Mitte durch eine scharfe Kante in zwei gleiche seitliche Hälften getheilt werde, deren Radius 4‴ sei. Die Winkelkante a' sei um 0‴.1 hervorgedrängt über das normale Niveau des Cornealscheitelpunktes a.

Jedermann sieht ein, dass eine solche Biegung der Cornea nur Statt haben könne, wenn auf die seitliche Peripherie der Hornhaut eine Kraft wirkt, welche dieselbe in einer auf die Augenaxe senkrechten Richtung nach einwärts zu drängen sucht, so zwar, dass die beiden Endpunkte des horizontalen Durchmessers der Cornea d und g nach d' und g' rücken.

Es kömmt nun darauf an, zu wissen, wie gross dieses Hineinrücken, wie gross dd' und gg' sein müsse, wenn der Scheitel a um 0‴.1 nach a' getreten ist.

Es ist nach Krause's Messungen die Sehne dg gleich jener der Hinterfläche der Hornhaut = 5‴ mehr der doppelten Dicke des Cornealrandes = 2 × 0‴.5, also dg = 6‴, und $bg = bd$ = 3‴. Der Radius der Cornealvorderfläche $dc = ac$ = 4‴.

Es ist nun aus dem Dreiecke dbc

$$bc = \sqrt{dc^2 - db^2} = \sqrt{16 - 9} = 2.645$$
$$ab = ac - bc = 4''' - 2'''.645 = 1'''.355. \text{ Ferner}$$
$$da = \sqrt{db^2 + ab^2} = \sqrt{g + 1.836} = 3'''.29$$
$$d'b = \sqrt{a'd^2 - (ab + 0'''.1)^2} = \sqrt{10.824 - 2.117} = 2'''.95$$
$$dd' = db - d'b = 3''' - 2'''.95; \text{ also } dd' = gg' = 0'''.05.$$

Es muss demnach der Cornealrand um 0‴.05 gegen die Axe zurücken, der Querdurchmesser der Cornea um 0‴.05 abnehmen.

Um nun zu bestimmen, wie weit die Centra der beiden Cornealhälften aus der optischen Axe heraus, seitlich rücken müssen, ziehe man von dem Endpunkte a' der Sehne $d'a'$ den Radius $a'f$.

Es ist nun in dem Dreiecke dab

$$tang.\ \alpha = \frac{ab}{db} = \frac{1.355}{3} = 0.4516;\ \alpha = 24^\circ\, 18'\, 14'';$$
$$tang.\ \beta = \frac{a'b}{d'b} = \frac{1.455}{2.95} = 0.5101;\ \beta = 27^\circ\, 1'\, 34'';$$

Es ist nun $\beta - \alpha = \gamma; \gamma = 2^0 43,\ 20''$ und $\gamma = ca'f$ daher

$$cf = a'f \times sin.\ \gamma \text{ und}$$
$$cf = 4''' \times 0.0474 = 0'''.1896.$$

Es rücken somit die Mittelpunkte der beiden Cornealsegmente um 0‴.1896 nach den Seiten der optischen Axe.

Es kömmt nun darauf an, zu untersuchen, welchen Einfluss diese Verhältnisse auf Stellung und gegenseitigen Abstand der wahrgenommenen Bilder haben müssten, falls durch sie die Diplopie begründet würde.

Es sei (Fig. XXVI) $d'\ a'\ g'$ die winkelig gebogene Cornea und es fallen parallele Strahlen in der Richtung der optischen Axe $a'\ r$ ein; ff' sind die beiden Mittelpunkte für die Krümmungen $d'\ a'$ und $g'\ a'$ der Hornhaut. Man denke sich nun $d'\ a'$ und $g'\ a'$ verlängert, und ziehe sich aus f und f' parallel zu $a'\ r$ Radien an die verlängerten Bögen. Der aus f gezogene Radius trifft den Bogen $g'\ a'$ in h, der aus f' kommende Radius aber trifft den Bogen $d'a'$ in k. Die in k' und h einfallenden Strahlen z und x fallen in der Richtung der Radien fh und $f'\ k$ ein, und müssen ungebrochen durchgehen, es ist xf der Axenstrahl für $g'\ a'$ und zf' der Centralstrahl für $d'\ a'$. Es müssen alle auf $d'\ a'$ einfallenden Strahlen in einem Punkte c' des verlängerten Radius kf', und alle in $g'\ a'$ einfallenden Strahlen in einem Punkte c auf dem verlängert gedachten Radius hf zur Vereinigung kommen, und diese beiden Punkte sind nach Herrn Professor Stampfer's Formeln 13‴.75 hinter der Vorderfläche der Cornea gelegen, so dass $hc = kc' = 13'''.75$ ist, während cc' nach dem Vorhergehenden (weil kc parallel zu hc' ist) $= 0'''.3792$.

Nimmt man nun nach Krause die Dicke des Krystallkörpers = 2‴ und setzt man dessen optischen Mittelpunkt auf die Axe 2‴.32 hinter die hintere Fläche der Cornea, so ist leicht einzusehen, dass die Strahlen unter Winkeln in das Kammerwasser eintreten, als kämen sie von zwei Punkten, welche, je 0‴.1896 von der optischen Axe abstehend, 11‴.03 hinter dem optischen Mittelpunkte des Krystallkörpers liegen.

In (Fig. XXVII) stellt LMN den von der Linse gebildeten Lichtbrechungsapparat mit der beiderseits verlängert gedachten optischen Axe RF vor, auf welcher O den optischen Mittelpunkt der Linse bedeutet. Die durch die winkelig gebogene Cornea gebrochenen Strahlen treten also so ein, als kämen sie von A und B hinter O und $AC = CB = 0'''.1896$ und $CO = 11'''.03$. Nach den oben angeführten Berechnungen ist die Brennweite der Linse mit Berücksichtigung der dieselbe umgebenden Medien (Kammerwasser und *Corpus vitreum*) = 22‴.3, die Bilder A und B werden in a und b erscheinen, und es ist $cO = 7'''.383$. Es lässt sich nun sehr leicht der wahrgenommene Abstand beider Bilder berechnen, denn es ist

$$ab\ :\ AB = Oc : OC$$
$$ab = \frac{AB,\ Oc}{OC} = 0'''.2537 \text{ und}$$

der Gesichtswinkel, unter welchem beide Bilder gesehen werden, ist unter Annahme des optischen Mittelpunktes in einer Entfernung von 7‴.383 vor dem Netzhautcentrum $= 1^0\ 58'\ 10''$ indem $=$ tang $\frac{1}{2}\,\alpha$, wenn mit α der Gesichtswinkel bezeichnet wird. Der Sehwinkel, unter welchem beide Bilder wahrgenommen werden, ist also bei der geringen Biegung der Hornhaut schon ein so grosser, wie er nur selten beobachtet wird.

Die Unrichtigkeit der Deconde'schen Theorie stellt sich aber erst in klares Licht, wenn man divergent auf die Cornea auffallende Strahlen betrachtet, denn es ergibt sich dann, dass unter gar keiner Distanz des Objects ein Verschwinden des Doppelbildes und sofort ein einfaches Sehen möglich wäre. Es sei (Fig. XXVIII) $d'a'g'$ die Cornea und A ein leuchtendes Object in der verlängerten optischen Axe $c'a'A$, 5″ vor a' gelegen. Denkt man sich wieder $d'\ a'$ nach k und $g'a'$ nach h verlängert und zieht man sich aus den beiden optischen Mittelpunkten F und F' die Radien Fh und $F'k$ so, dass sie verlängert in A sich schneiden, so ist $A\ F$ der Axenstrahl für $g'\ a'$ und AF' der Axenstrahl für $d'\ a'$, und die sämmtlichen

auf $d'a'$ auffallenden Strahlen müssen sich in einem Punkte B' des Axenstrahles Am schneiden, während die auf $g'a'$ auffallenden Strahlen durch die Cornea so gebrochen werden, dass sie in einem Punkte B des Axenstrahles An zur Vereinigung kämen.

Es ist nun, weil $d_1 = 0.01666$

$$f_1 = (1 - m_1)\, r_1 - m_1\, d_1 = 0.0608$$

und weil $\frac{1}{f_1} = -D_2 + q_1$

$$f_2 = (1 - m_2)\, r_2 \frac{+ m_2 f_1}{1 - f_1 q_1} = +0.0631$$

und $F_2 = 14'''.2$, d. h. $hB = kB' = 14'''.2$ mehr der Dicke der Cornea $0'''.4$, also $hB = kB' = 14'''.6$, $AB = AB' = 74'''.6$, während der Radius der beiden Cornealbögen $kF' = hF = 4'''$ und daher $AF = AF' = 64'''.4$ ist.

Man kann nun ohne bedeutenden Fehler annehmen, dass $Ac = AF' = AF$, $Ac' = AB = AB'$ sei und es ist $BB' = \frac{FF'.Ac'}{Ac} = 0'''.439$,

d. h. die durch die winkelig gebogene Cornea erzeugten Doppelbilder würden, wenn bloss *Humor aqueus* hinter der Cornea wäre, $14'''.2$ hinter der Cornealhinterfläche und mit einem gegenseitigen Abstand von $0'''.439$ zu Stande kommen.

Nimmt man nun den optischen Mittelpunkt des Krystallkörpers wieder $2'''.3$ hinter der Cornealhinterfläche gelegen an, so treten die Strahlen unter Winkeln in den *Humor aqueus*, als kämen sie aus zwei, $11'''.9$ hinter dem optischen Mittelpunkte des genannten Lichtbrechungsapparates gelegenen Punkten, die $0'''.439$ von einander und $0'''.2199$ von der optischen Axe abstehen. Werden sie nun so gebrochen, dass sie auf der Netzhaut zur Vereinigung kommen, und daher die Wahrnehmung von Bildern vermitteln können, so ist wieder Fig. XXVII

$$cO = 7'''.38, \text{ während } OC = 11'''.9 \text{ und es ist}$$

$$ab = \frac{AB.Oc}{OC} = 0'''.2722$$

der wahrgenommene Abstand der Netzhautbilder ist $0'''.2722$. Der Gesichtswinkel, unter welchem dieselben gesehen werden, ist bei Annahme des optischen Mittelpunktes in einer Entfernung von $7'''.38$ vor dem Netzhautcentrum $2^0\ 6'\ 46''$ und die Bilder müssen über $2'''$ von einander entfernt gesehen werden, was der Erfahrung aller Beobachter geradezu widerspricht, indem bei so kurzen Distanzen des leuchtenden Objects stets nur ein einziges Bild zur Wahrnehmung kömmt.

Die Unrichtigkeit der bekämpften Hypothese ergibt sich aber noch deutlicher, wenn man bedenkt, dass unter Voraussetzung einer winkeligen Biegung der Cornea auch eine Verdoppelung des Sanson'schen Spiegelbildes der Hornhaut stattfinden müsste, und dass bei der angenommenen Vorrückung der in dem senkrechten Durchmesser der Cornea gelegenen Theile um $0'''.1$, die Spiegelbilder eines sehr weit entfernten Gegenstandes eben so wie jenes einer nahe vor das Auge gehaltenen Kerzenflamme um die Länge $2cf$ aus einander stehen müssten. Denn denkt man sich wieder, (Fig. XXIX) die beiden Krümmungen $d'a'$ und $g'a'$ nach k und h verlängert, so ist x für $g'k$ und y für $d'h$ der Axenstrahl. Auf diesem Axenstrahl muss nun der imaginäre Brennpunkt des, auf jede Cornealhälfte auffallenden Strahlenbündels gelegen sein, und der imaginäre Vereinigungspunkt der Strahlen wird je nach der verschiedenen Distanz des leuchtenden Objects auf hf und kf' auf $=$ und abrücken. Ist das leuchtende Object ein sehr weit abstehendes, so ist $a = \infty$, $\frac{1}{a} = -\frac{1}{p}$, $\alpha = -p$ und da nach der Theorie der Convexspiegel $p = \frac{fh}{2} = \frac{f'k}{2}$, so müssen unter diesen Verhältnissen die Spiegelbilder in p und p' erscheinen. Da sich nun Jedermann überzeugen kann, dass in diplopischen Augen keine Verdoppelung des Corneal-Spiegelbildes stattfindet, so fällt die Hypothese Deconde's, ohne dass es nöthig wäre, weitere Gegengründe anzuführen.

Es frägt sich nun, ist denn überhaupt von Seite der Augenmuskeln ein Druck auf die Seitenwände des Bulbus möglich, der im Stande wäre, die Cornea in eine winkelige Gestalt zu biegen? Es sei Fig. XXX *AB* die durch den Nasenstachel des Stirnbeins und den Mittelpunkt des grossen Hinterhauptloches gelegte, das Haupt in zwei gleiche Hälften theilende, senkrechte Ebene in der Projection zu einer Linie verwandelt. *ACDE* sei die Projection der Orbitalöffnung und *GG'* ein Stück der durch das innere Ende der *Fissura orbitalis superior* gehenden Axe der Orbita, welche mit *AB* einen Winkel von 15° einschliesst. Es sei nun *FF* die optische Axe des Auges, welches auf einen unendlich weit entfernten Gegenstand gerichtet gedacht wird, so dass *FF* parallel *AB* ist, und der Winkel *G'GF*, welchen die Axe der Orbita mit der optischen Axe einschliesst, gleich 15° ist. Es ist *mn* der Durchmesser des *Foramen opticum*, *m* dessen innerer, *n* der äussere Rand. Von *m* entspringt der innere gerade Augenmuskel *mb*, welcher das Bogenstück *ab* der Bulbuswand umfasst, und $2^1/_2'''$ hinter dem Cornealrand *H* in *b* sich festsetzt; *n* ist der Ursprung des äusseren geraden Muskels, *fe* das von ihm umschlungene Bogenstück der äusseren Augapfelwand und *e* sein Ansatz, $3^1/_3'''$ von dem äusseren Cornealrande *J* entfernt. Zieht man sich nun von *a* und von *b* die Tangenten *bc* und *ac* und vollendet das Parallelogramm *acbd*, so ist *ab* der Ausdruck für die Kraft, mit welcher der innere Augenmuskel den Punkt *b* nach *a* zu ziehen, oder mit anderen Worten um seine senkrechte, in der Projection auf den Punkt *o* verkürzte Axe zu drehen strebt, während *cd* die Kraft vorstellt und die Richtung, in welcher der genannte Muskel die Contenta des Bulbus zusammendrückt.

Eben so sind *eg* und *gf* Tangenten und *egfh* ein Parallelogramm, in welchem *ef* die Grösse des Zuges und *hg* die Grösse der Druckkraft des äusseren geraden Augenmuskels darstellen; *ef* kenne ich aus mehreren möglichst genauen Messungen, es ist $7'''$ und $ab = 4'''$ im Mittel. Es handelt sich hier nicht um sehr scharfe Resultate, die bei der ungemein grossen Verschiedenheit der Masse bei verschiedenen Individuen ohnehin kaum zu erzielen sind, annähernde Werthe reichen vollkommen zu dem vorgezeichneten Zwecke aus. Ich habe daher die Zeichnung Fig. XXX nach den, mit möglichster Sorgfalt gemachten Bemessungen gefertigt und bestimme, um complicirten, hier kaum fruchtbringenden Rechnungen auszuweichen, *hg* und *cd* aus der Zeichnung selbst, $hg = 5'''$ und $cd = 1'''.333$. Es ist somit bei den äusseren Geraden die Zugkraft 1.4mal grösser als die Druckkraft, und bei den inneren Geraden verhält sich der Druck zum Zuge gar nur, wie 1.333 : 4. Der Druck, der von Seite des äusseren Geraden auf die Contenta des Bulbus ausgeübt wird, ist ferner 3.75mal grösser, als jener des inneren Geraden, wenn die Kräfte, mit der sich beide Muskeln zusammenziehen, gleich sind, oder vielmehr, wenn die Spannung beider Muskeln sich das Gleichgewicht hält, was nothwendig angenommen werden muss, weil sonst der Bulbus in der Stellung *FF* nicht verharren könnte, sondern seine Axe so weit nach rechts oder links abweichen müsste, als nöthig ist, auf dass die beiden Muskeln ins Gleichgewicht kommen. Da nun die beiden Druckkräfte *hg* und *cd* ungleich sind, so kann ihre Resultirende nicht in die optische Axe fallen, sondern muss gegen die geringere Kraft *cd* hin abweichen. Verlängert man *gh* und *cd*, so schneiden sie sich in *i*, und nach Vollendung des Kräftenparallelogramms *gick* findet man die Resultirende *ki*. Diese verlängert trifft in *p* die Hinterwand des Bulbus, und wegen deren Unnachgiebigkeit muss der Gegenstoss *l* treffen, einen Punkt in dem Randtheile der Sclera. Dieser Punkt hat demnach den normalen Druck des Augapfelinhaltes, vermehrt um die Resultirende der beiden Muskelkräfte auszuhalten.

Bedenkt man nun die Subtilität der wirkenden Muskeln, bedenkt man ferner, dass nur ein Theil der Summe jener Kräfte anzuschlagen ist, welche von der absoluten Kraft der Muskeln auf den Druck verwendet wird, bedenkt man ferner die enorme Spannung der Augapfelwandungen, wie sie sich durch einen Druck mittelst des Fingers auf den Bulbus leicht schätzen lässt, und bedenkt man endlich, dass die in der Richtung *pl* wirkende Kraft nicht senkrecht, sondern unter einem Winkel auf *l* trifft, so wird man wohl zu der Überzeugung kommen, dass unter solchen Umständen eine Vortreibung der Cornea absolut unmöglich

sei, und dieses um so mehr, als bei der parallelen Stellung der Augenaxen der Grad der Muskelzusammenziehung anerkannt ein Minimum beträgt.

Noch ungünstiger, wenn dieses überhaupt möglich ist, werden die Verhältnisse für die Deconde'sche Theorie, wenn man eine starke Convergenz der optischen Axen zum Zwecke der Fixation sehr naher Gegenstände annimmt. Dann rückt der Punkt *b* gegen *a*, und nicht nur *ab*, sondern auch besonders *cd* muss abnehmen, während *ef* und *hg* in demselben Verhältnisse wachsen. Dann muss *ip* noch näher an die Druckkraft *cd* rücken, und die Resultirende *pl* wird nicht mehr den Randtheil der Sclera, sondern einen Punkt nächst des Querdurchmessers treffen. Eine winkelige Biegung der Cornea ist dann gar nicht mehr möglich.

Man sieht auch, dass, wenn in Folge des Muskeldruckes wirklich eine Biegung der Cornea ermöglicht wäre, diese Biegung je nach den stets wechselnden Contractionszuständen der einzelnen Muskeln continuirlich ihren Ort wechseln, einmal auf diese, einmal auf jene Hälfte der Cornea fallen müsste, je nachdem linkseitige oder rechtseitige Objecte fixirt werden.

Es ist aber noch die von den zwei anderen geraden Augenmuskeln ausgeübte Druckkraft zu berücksichtigen, wirken diese, so kann die resultirende Druckkraft nicht eine Ebene vorstellen, sondern sie wird auf eine Linie reducirt, die Resultirende der vier auf einander fast senkrecht wirkenden Druckkräfte wirkt auf einen einzelnen Punkt der Bulbuswand. Wäre in Folge dessen eine Gestaltveränderung der Cornea möglich, so müsste die Vortreibung die Gestalt eines Kegels, nicht aber jene einer Kante bekommen.

Bei allen den vorhergehenden Deductionen ist aber keine Rücksicht auf den Inhalt des Bulbus selbst genommen worden. Dieser ist grösstentheils flüssig, er vertheilt daher den von Seite der Muskeln erlittenen Druck auf alle Punkte gleichmässig. Die von den Muskeln, dem Orbitalzell- und Fettgewebe umlagerten Theile der Bulbuswand sind durch diese widerstandsfähiger gemacht, als das vordere Dritttheil der Augapfelhülle. Da nun aber der Druck auf jeden Punkt dieses Theiles mit gleicher Kraft wirkt, werden sie auch alle sich gleichmässig auszudehnen und so eine gemeinschaftliche Kugeloberfläche zu bilden streben, deren Halbmesser natürlich grösser sein muss, als jener der Cornea allein, und die Cornea wird um so mehr abgeplattet werden, als in Folge dieses Druckes der Winkel, welcher am Rande der Cornea und Sclera gegen das Innere des Bulbus vorspringt, am ersten ausgeglichen werden, und so der Rand der Hornhaut gegen das Niveau ihres Scheitels vorrücken muss. Von der Wahrheit des Gesagten kann man sich sehr leicht überzeugen, wenn man eine Schweinsblase mit Luft anfüllt und die Krümmung ihres Scheitels misst. Drückt man nun die Blase an ihren Seitenrändern zusammen, so wird die Convexität des Scheitels nicht grösser, im Gegentheile der Scheitel flacht sich ab, sein Krümmungsradius wächst. Es kann sich durch Druck auf die Seitenwände des Bulbus der Radius der Cornea also nicht vermindern, er muss grösser werden. Von einer winkeligen Biegung der Cornea kann demnach gar keine Rede sein.

Was nun die Theorie gibt, bestätigt vollkommen die Erfahrung an dem Leichentische. Ich habe eine sehr grosse Anzahl atrophischer Augen anatomisch-mikroskopisch untersucht, und mit grösster Genauigkeit deren Gestaltveränderung studirt. Nur durch diese Beobachtungen wurde ich auf die, den Ansichten der Physiologen widersprechende Art der Muskeleinwirkung auf den Bulbus aufmerksam. Man findet nämlich ganz constant in allen atrophischen Augen den äusseren und vorderen Theil der Sclera sackartig nach Aussen vorgebaucht, während der innere Umfang des Bulbus abgeplattet, eingesunken ist und auch die obere und untere Wand des Augapfels durch Verflachung ihrer Convexität die Druckwirkung des oberen und unteren geraden Augenmuskels erkennen lässt. Ein senkrecht auf die optische Axe gemachter Schnitt stellt stets ein unregelmässiges Rechteck vor und die Einsenkungsstelle des Sehnerven fällt nahe an dessen innere Seite. Ein quer durch den Bulbus in der Richtung der optischen Axe gemachter Durchschnitt bildet aber stets eine ganz unregelmässige Figur, deren Vorderfläche die sehr convexe Cornea trägt und am inneren Rande unter scharfen Winkeln in die innere Fläche der Bulbuswand übergeht, während der

äussere Theil der Vorderfläche mit dem Vordertheile der äusseren Bulbuswand einen weiten Sack bildet, der nach Aussen und Vorne ragt. (Fig. XXXI.) Der einspringende Winkel an der Verbindungsstelle der Cornea mit der Sclera ist an dem äusseren Umfange der Cornea verstrichen. Es ist also aus pathologisch-anatomischen Daten erwiesen, was die Theorie der Muskelwirkung durch Anwendung der Lehre von den Kräftenparallelogrammen voraussetzen lässt. Im Vorbeigehen sei bloss gesagt, dass die Zugwirkung der Muskeln sich in ganz constanten Querfalten zu erkennen gibt, deren tiefste unmittelbar hinter dem Ansatze der Sehnen der vier geraden Augenmuskeln, flachere und unregelmässig gebogene aber rings um den Sehnerveneintritt gelagert sind. Da der Atrophie der Augen ein Erschlaffungszustand derselben vorausgeht, in welchem sie der Muskelwirkung keinen Widerstand entgegensetzen können, sind sie gewiss am meisten geeignet, die Einwirkung der Muskelkräfte anschaulich zu machen.

Ich habe mich gefliessentlich bei der letzteren Hypothese länger aufgehalten, erstens weil sie die jetzt am gangbarsten Gewordene ist, zweitens weil deren Widerlegung aus dem Kräftenparallelogramme der Augenmuskeln auch noch die Unmöglichkeit der Abhängigkeit des jeweiligen Accommodationszustandes von der Wirkung der geraden Augenmuskeln in klares Licht setzt.

Der Hauptbeweis gegen sämmtliche bis jetzt bekannt gewordene Hypothesen über die unmittelbare Ursache der Pleiopie liegt nun in dem verschiedenen Polarisationszustande der einzelnen Bilder. Meine Versuche mit Turmalinplatten haben es herausgestellt, dass das wahre und die falschen Bilder bei der Diplopie, Triplopie und Pentalopie aus Strahlen zusammengesetzt seien, welche nach verschiedenen Richtungen polarisirt sind und bei Polyopie ein ähnliches Verhalten sehr wahrscheinlich gemacht. Meine Versuche haben es sehr wahrscheinlich gemacht, dass bei der Erzeugung mehrerer Bilder im Auge Gesetze walten, welche denen der gewöhnlichen Lichtbrechung durchaus nicht entsprechen und eine genaue Erwägung der einzelnen Erscheinungen lässt keinen Zweifel darüber, dass doppelte Brechung irgend eines dioptrischen Mediums zu Grunde liegen müsse.

Dieses zu beweisen, und so fort alle anderen Erklärungsweisen auszuschliessen, ist nun die Aufgabe.

XII. Erklärung der Mehrsichtigkeit aus den Gesetzen der doppelten Brechung.

Um Wiederholungen zu vermeiden, will ich die Frage zuerst erledigen, welches der dioptrischen Medien des Auges die Rolle eines doppelbrechenden Körpers zu spielen fähig sei.

Sollen im Auge dieselben Gesetze walten, welche bei der doppelten Brechung in andern Medien Geltung haben, so schliesst sich schon die Hornhaut durch den Umstand aus, dass der Winkel, unter welchem die sie treffenden Lichtstrahlen einfallen, um so grösser ist, je näher das leuchtende Object rückt, es müssten also im Auge die Doppelbilder um so weiter von einander treten, je näher das Object rückt, was der Erfahrung widerspricht. Bezüglich der Linse kommt in Betracht, dass auch in Augen, deren Linse verloren ging, Pleiopie auftritt und dass hier die Doppelbilder sich ganz so verhalten, wie in linsenhältigen Augen. Der Sitz der doppelten Brechung in dem *Humor aqueus* schliesst sich durch dessen Mangel an allen Bedingungen aus, unter welchen Körper nach den bisherigen Erfahrungen doppelbrechend werden.

Es bleibt also nur der Glaskörper als der einzig mögliche Repräsentant der doppelten Brechungsfähigkeit über, und es muss ihm um so mehr diese Eigenschaft zugesprochen werden, als nur Er die durchgreifende Anwendung der für die doppelte Brechung geltenden Gesetze erlaubt.

Aus der genauen Betrachtung der in dem zweiten Hauptstücke dargestellten Erscheinungen des Doppelt- und Mehrfachsehens ergibt sich, dass es in dem Auge eine Ebene gebe, welche unter allen Umständen eine ganz constante unabänderliche Lage zu der jeweiligen Stellung der Kopfaxe bewahrt und in den wichtigsten Beziehungen zu den wahrnehmbaren Bildern in dem Auge steht, indem diese stets

eine solche gegenseitige Lagerung erkennen lassen, dass durch entsprechende Punkte derselben gelegte gerade Linien immer jener Ebene, welche ich den Hauptschnitt nannte, parallel laufen. Es stellt sich ferner heraus, dass nicht alle, durch die Pupille in das Auge gelangenden Strahlen zur Bildung der Nebenbilder verwendet werden, dass vielmehr centrale Strahlen und alle Strahlen, welche in einer auf den Hauptschnitt senkrechten Ebene in das Auge gelangen, von der Formation der Nebenbilder ausgeschlossen seien. Es geht daraus endlich hervor, dass jedes der Nebenbilder bloss aus Strahlen zusammengesetzt sei, die einen bestimmten Randtheil der Pupille passiren, während bei der Triplopie Strahlen zweier einander entgegengesetzter Randtheile der Pupille verwendet werden. Es wurde ferner auch sehr wahrscheinlich gemacht, dass bei Pentalopie die beiden Kreisausschnitte der Pupille, welche Strahlen zur Erzeugung der Nebenbilder durchlassen, je in zwei Zonen zu theilen seien, von denen die beiden randständigen den beiden äusseren, die mittleren Zonen aber den beiden inneren Nebenbildern das zu ihrer Gestaltung nöthige Lichtquantum zusenden. Man kann also sagen, dass jedes Nebenbild aus Strahlen zusammengesetzt sei, die unter sich nicht sehr differente Einfallswinkel in den Glaskörper bilden.

Da nach den oben erwähnten Versuchen dieselben Partien der Pupille und sofort der tellerförmigen Grube aber auch Strahlen durchlassen, welche zur Formation des Hauptbildes verwendet werden, ist es ersichtlich, dass bei fast gleichen Einfallswinkeln in den Glaskörper die Strahlen eine sehr differente Brechung erleiden, und dass namentlich die Strahlen, welche zur Formation der Nebenbilder verwendet werden, um ein bedeutendes mehr gebrochen werden, als jene, welche das Hauptbild erzeugen.

Es muss somit das Brechungsgesetz für die, das falsche Bild erzeugenden Strahlen ein anderes sein, als jenes, welches für alle das Hauptbild formirenden Strahlen gilt, Verhältnisse, welche nur dadurch erklärbar werden, dass die Theile des Glaskörpers, durch welche die zu dem Nebenbilde verwendeten Strahlen gehen, das Vermögen acquirirt haben, doppelt zu brechen, und zwar nach Art der einaxigen, positiven Krystalle.

Leider sind unsere Kenntnisse der Krümmungshalbmesser der einzelnen Medien des dioptrischen Apparates im Auge noch so unvollständig, und das Mass der Accommodationsbewegungen der Linse so wenig bekannt, dass eine Berechnung dieser Verhältnisse wenig oder gar keine Früchte bringen kann, und wir uns begnügen müssen, das Factum in seinen rohesten Umrissen kennen gelernt zu haben.

Soll sich nun die Analogie des Glaskörpers mit einem doppeltbrechenden Körper bewähren, so müssen die extraordinären Strahlen um so mehr aus der Ebene des Hauptschnittes herausgebrochen werden, in einem je grösseren Winkel sie die Ebene des Hauptschnittes schneiden. Dass dieses der Fall sei, lehrt die einfache Betrachtung der in Fig. V — IX dargestellten Doppelbilder bei verschiedenen Neigungen des Kopfes und so fort auch des Hauptschnittes im Auge. Wer jemals mit einem senkrecht auf seine krystallographische Hauptaxe geschliffenen Kalkspathkrystalle experimentirt, und namentlich die Doppelbilder einer sehr kurzen Linie bei verschiedenen Drehungen des unmittelbar auf dem Papiere aufliegenden Krystalles gesehen hat, wird die vollständige Identität dieser Erscheinungen mit jenen, welche bei Diplopie auftreten, als Thatsache anerkennen, doch lässt sich auch das oben aufgeführte Gesetz durch Construction finden.

Das Nebenbild bei Diplopie wird nur von Strahlen zusammengesetzt, welche einen gewissen Theil der tellerförmigen Grube passiren. Es sei nun Fig. XXXII O der Mittelpunkt dieser Grube und VDG die Projection eines Durchschnittes dieses bestimmten Theiles. Die Ebene des Durchschnittes sei in einem Winkel α zu der optischen Axe Oa geneigt, und OD, OV, OG seien Halbmesser des Durchschnittes. Der Punkt D liege in der Ebene des Hauptschnittes, und werde von einem Strahle getroffen, der in gleicher Richtung mit der Ebene des Hauptschnittes in den Glaskörper eintritt und hier in zwei Strahlen gespalten wird, deren einer, in den Winkel o gebrochen, zu dem Bilde a verwendet wird, der andere aber, die stärkere Brechung $o+\mu$ erleidend, die Netzhaut in dem Punkte b trifft. Dieser gespaltene Strahl komme aus dem in der Verlängerung der optischen Axe gelegenen Mittelpunkte eines Objects, dessen Längsaxe

senkrecht auf der Ebene des Hauptschnittes stehe, welche letztere wieder perpendiculär angenommen wird, wie sie in meinem diplopischen Auge ist. Unter diesen Umständen wird also der Erfahrung gemäss der Strahl Db in der Ebene des Hauptschnittes bleiben, und b wird senkrecht unter a stehen. Ein von dem Ende der horizontalen Axe des Gesichtsobjectes ausgehender Strahl trifft die tellerförmige Grube in G und begibt sich zu seinem wahren Netzhautbilde c, während der ausserordentlich gebrochene Antheil zu dem falschen Bilde d geht. Der Erfahrung gemäss liegen die beiden Bilder c und d in einer dem Hauptschnitte parallelen Linie unter einander, und die Länge des falschen Bildes db ist jener des wahren ac gleich, es liegen ferner die Axen des wahren und falschen Bildes stets parallel zu m, es ist also $ab=cd$ und $ac=db$ und da ab vertical steht, während die Axe ac des Objectes horizontal liegt, so ist $acdb$ ein Rechteck, in welchem db die Ablenkung des gewöhnlichen Strahles Gc, die Diagonale ad aber die Ablenkung des extraordinären Strahles Gd aus der Ebene des Hauptschnittes vorstellt. Es ist nun

$$ad = \sqrt{ab^2 + db^2}$$

ab ist nach dem Vorhergehenden der Abstand der beiden Bilder, welcher von der Grösse des Einfallswinkels der Strahlen in die Ebene des Glaskörpers überhaupt, und weil $ab = ax$ tang. ρ, auch von der Dicke des Glaskörpers in der Richtung der optischen Axe abhängt.

db ist aber gleich dem Producte aus der Entfernung, in welcher der extraordinäre Strahl die Hauptschnittsebene trifft, und aus der Tangente des Winkels, unter welchen sie sich schneiden, also

$$db = dp.\ \text{tang.}\ \beta.$$

Es ist also mit Grund anzunehmen, dass die die Nebenbilder zusammensetzenden Strahlen Gesetzen folgen, welche in Bezug auf die Brechung extraordinärer Strahlen in doppelt brechenden Körpern Geltung haben, und sollte noch irgend welcher Zweifel obwalten, so muss er durch die Betrachtung der Polarisationserscheinungen in den Bildern diplopischer Augen gehoben werden. Das Haupt- und die Nebenbilder sind in einem Winkel zu einander polarisirt, eine Thatsache, die nur in der Annahme doppelter Brechung eine genügende Erklärung findet, und jede andere Begründung der Pleiopie unmöglich macht, umgekehrt aber auch durch ihre Details den innigen Zusammenhang der doppelten Brechung mit den dioptrischen Verhältnissen des Auges nachweist, und die in dem Vorhergehenden aufgestellten Gesetze des Mehrfachsehens in eclatantester Weise bestätigt.

Das Azimuth der Bilder, oder besser gesagt, der die einzelnen Bilder zusammensetzenden Strahlen wechselt nicht nur in verschiedenen Individuen, sondern auch in demselben Auge je nach den Verhältnissen, unter welchen sich das Auge befindet, ausserordentlich.

Brewster hat für die Änderung der Polarisationsebene nach einmaliger Brechung, wie sie in dem Glaskörper des menschlichen Auges stattfindet, das Gesetz aufgestellt:

$$\text{cotang.}\ \alpha' = \text{cotang.}\ \alpha \cos.\ (i - i')$$

wo α das Azimuth nach der diese Änderung herbeiführenden Brechung, α das Azimuth vor dieser Brechung, i den Einfallswinkel, i' den Brechungswinkel für diese Brechung darstellt.

Da nach dem in dem Vorhergehenden Mitgetheilten die doppelte Brechung erst in dem Glaskörper stattfindet, also nicht polarisirte Strahlen auf die tellerförmige Grube auffallen, deren jeder aus zwei unter einem Winkel von 45° auf einander polarisirten Strahlen bestehend angenommen werden kann, cotang. α also gleich 1 ist, so ersieht man aus dieser Formel, dass das Azimuth der Bilder in diplopischen Augen steigen muss, wenn der Einfallswinkel wächst und der Brechungswinkel abnimmt, oder, weil im Glaskörper die Brechung zum Einfallslothe stattfindet, je grösser die Ablenkung des eintretenden Strahles von seiner Richtung bei dem Eintritte in den Glaskörper ist.

Bedenkt man, dass der Einfallswinkel eines, einen bestimmten Punkt der tellerförmigen Grube des Glaskörpers treffenden Strahles bei der geringsten Veränderung in der Accommodationsweite des Auges

und bei jedem Wechsel in der Distanz des Gesichtsobjectes ein anderer werden muss, so wird der stetige Wechsel des Azimuths nicht Wunder nehmen können, im Gegentheil, man wird einsehen, dass der Winkel, welchen die Polarisationsebene der beiden Bilder mit dem Hauptschnitte einschliesst, ein um so grösserer werden muss, je grösser der Abstand des leuchtenden Objectes ist, und für je kürzere Distanzen der Accommodationsapparat des Auges eingestellt ist. Es versteht sich von selbst, dass für linsenlose Augen das Gegentheil gelten muss. Meine Untersuchungen weisen nun wirklich eine Zunahme des Azimuths mit dem Wachsthume des Winkels nach, unter welchem die Strahlen in den Glaskörper einfallen, ja es geht aus ihnen sogar hervor, dass durch willkürliche Einstellungen des Accommodationsapparates für kürzere Distanzen das Azimuth auch willkürlich um mehrere Grade vergrössert werden kann.

Es findet demnach die Identität der Erscheinungen im diplopischen Auge mit den Phänomen der Lichtbrechung in doppeltbrechenden Körpern durch die Polarisationsäusserungen der wahrgenommenen Bilder ihre vollste Bestätigung.

Die an den Doppelbildern beobachteten Farbensäume completiren endlich das bisher Gesagte, indem sie eine totale Abweichung von den für einfache Brechung geltenden Gesetzen beurkunden. Es sind in dem falschen Bilde meines diplopischen Auges die minder brechbaren Strahlen des Farbenspectrums mehr gebrochen, als die brechbaren, eine Erscheinung, welche ihre Analogie wieder nur in doppeltbrechenden Krystallen findet, namentlich in dem zur Reihe positiver einaxiger Krystalle gehörigen Apophelite. Szokalski's dritter Fall weist zwar eine andere Stellung der Farbensäume nach, doch auch diese ist von der Art, dass sie nur in den Gesetzen der doppelten Brechung ihre Erklärung findet, indem auch hier die Brechung der einzelnen Farbenstrahlen in den beiden Bildern eine entgegengesetzte ist.

In dem zweiten Hauptstücke habe ich bereits die vollständige Identität in dem Verhalten der Nebenbilder bei Diplopie, Triplopie und Pentalopie nachgewiesen, bezüglich der Polyopie aber sehr wahrscheinlich gemacht. Folgerecht müssen demnach bei allen diesen Arten der Mehrsichtigkeit dieselben Gesetze gelten. Es frägt sich nun, wie das Erscheinen mehrerer Bilder durch den doppeltbrechenden Glaskörper vermittelt werden, und somit ein für alle Arten der Pleiopie geltendes durchgreifendes Gesetz statuirt werden könne.

Hier kommen besonders die Versuche mit Kartenlöchern und Spaltöffnungen zu Hülfe, welche herausgestellt haben, dass nicht der Glaskörper als Ganzes doppeltbrechend werde, sondern nur Theile desselben, indem jedes der Nebenbilder einem ganz bestimmten Segmente der Pupille und sofort auch der tellerförmigen Grube angehöre. Es muss der Glaskörper aus einer Anzahl Ergänzungstheile bestehend betrachtet werden, welche sämmtlich um die optische Axe regelmässig gelagert sind und, von Natur aus einfach brechend, unter günstigen Umständen das Vermögen der doppelten Brechung acquiriren können, und zwar unabhängig von einander, einzeln und in Verbindung mit anderen Ergänzungstheilen, wobei wieder das Gesetz waltet, dass Ergänzungstheile, welche derselben durch die optische Axe gelegten Ebene angehören, in gegenseitigen Beziehungen stehen, so dass Steigerung der die doppelte Brechung bedingenden Verhältnisse vor Allem das Auftreten der doppelten Brechung in jenen Ergänzungstheilchen vermittelt, welche mit dem bereits doppeltbrechenden Ergänzungstheile in derselben Durchschnittsebene gelegen sind, wo sodann zwei oder vier Nebenbilder entstehen. Unter noch höher gesteigerten Bedingungen endlich kann der ganze Complex der den Glaskörper zusammensetzenden Ergänzungstheile doppeltbrechend werden, und es müssen somit ringsum das, durch Central-Strahlen gebildete Hauptbild Nebenbilder entstehen und die Erscheinungen der Polyopie darstellen.

Aus dem früher Erörterten ergibt sich auch, dass diese doppeltbrechenden Ergänzungstheile nothwendig eine, mit der optischen Axe überhaupt parallel ziehende optische Axe besitzen, und deren Hauptschnitt stets in seiner Verlängerung mit der optischen Axe des Auges in eine Ebene falle.

Also auch in dieser Beziehung lässt sich die Analogie des Glaskörpers mit doppeltbrechenden Körpern nachweisen. Die Differenzen sind eine nothwendige Folge der verschiedenen Organisation.

Es concurriren in der Bildung des Glaskörpers zweierlei Elemente, häutige Gebilde, welche theils in concentrischen Schichten um die optische Axe gelegt sind, theils aber in Form von Radien von der Peripherie gegen die optische Axe streichen, und so den Raum des Glaskörpers in eine Unzahl Fächer theilen, welche mit Glasfeuchtigkeit gefüllt sind. Es ist somit die Substanz des Glaskörpers schon in der Natur in eine Menge gegenseitig isolirter Theile geschieden, ein Verhalten, welches dem Auftreten des doppelten Brechungsvermögens in einzelnen Abschnitten des *Corpus vitreum* einigermassen die Sonderbarkeit benimmt. Weitere Untersuchungen müssen in der Zukunft das Mangelhafte unserer Kenntnisse in Bezug auf diesen Punkt ergänzen, und namentlich den Zusammenhang der inneren Organisation des Glaskörpers mit dessen Abgrenzung in einzelne Abtheilungen, welche unter gewissen Umständen das Licht nach verschiedenen Gesetzen brechen, herausstellen.

Es erübrigt nun noch, den Entstehungsgrund der doppelten Brechung in dem Glaskörper zu ermitteln, und einige wenige Erscheinungen zu erklären, welche in dem Vorhergehenden ihre Erledigung nicht fanden.

XIII. Ursachen der doppelten Brechung in dem Glaskörper.

Bisher kennen wir nur zwei Reihen doppeltbrechender Körper, deren eine von Natur aus mit diesem Vermögen begabt ist, die andere aber erst durch gewisse äussere Einflüsse, nämlich durch Druck oder Wärme und eine dadurch hervorgebrachte Ungleichmässigkeit in der Dichtigkeit der einzelnen Theile doppeltbrechend werden kann.

Offenbar gehört der Glaskörper zu der zweiten Reihe, und da sich eine ungleichmässige Erwärmung desselben nicht annehmen lässt, bleibt kein anderer Erklärungsgrund, als Compression desselben und eine damit gesetzte Ungleichmässigkeit in der Dichte einzelner Partien, welche Ungleichmässigkeit durch die eigenthümliche Structur des Glaskörpers als sehr leicht möglich anerkannt werden muss. Es kommt nun darauf an, die Möglichkeit dieses Druckes zu beweisen, und dessen Zusammenhang mit dem ganzen Complexe der Verhältnisse zu deduciren, unter welchen überhaupt doppelte Brechung auftritt.

Das Auftreten der Diplopie nach andauernden, intensiven Anstrengungen des Auges und dadurch erzeugter Kurzsichtigkeit, die Steigerung der Erscheinungen mit dem Grade der so erzeugten Myopie, vorzüglich aber die Möglichkeit, den Abstand der Doppelbilder und ihr Azimuth willkürlich durch Einstellung des Accommodationsapparates für nähere Distanzen zu vergrössern, lassen keinen Zweifel darüber, dass die doppelte Brechung mit der Accommodationsthätigkeit des Auges selbst in ursächlichem Verbande stehe. Es kömmt also darauf an, die Möglichkeit eines Druckes auf den Glaskörper bei den Accommodations-Anstrengungen des Auges darzuthun, eine Aufgabe, die mich zwingt, auf das Feld der Accommodationslehre selbst überzuspringen, und wo möglich das Wesen der Accommodationsthätigkeit des Auges selbst zu ermitteln.

Die Accommodationsbewegungen des dioptrischen Apparates im menschlichen Auge sind seit langer Zeit Gegenstand des eifrigsten Forschens von Seite der Physiologen gewesen, doch war keiner bisher so glücklich gewesen, eine Erklärung zu geben, die, allen Anforderungen genügend, sich zu behaupten im Stande gewesen wäre. In der Schwierigkeit der Umstände glaubten sogar Einige den Knoten mit einem Male zu zerhauen, indem sie die Accommodation des Auges überhaupt läugneten, und das Auge von Natur aus für alle Entfernungen angepasst betrachteten, ohne dabei jedoch zu bedenken, dass das Accommodations-Vermögen des Auges in der Möglichkeit seines zeitweiligen und dauernden Verlustes die unbestreitbare Garantie seines factischen Bestehens gebe. Es wäre unnöthig und fast unmöglich, Alles, wenn auch nur in Kürze, wiederholen zu wollen, was in dieser Beziehung behauptet wurde; neun und neunzig unter hundert

der gelieferten Hypothesen starben schon während der Geburt, und die übrigbleibenden siechen unter den stetigen Angriffen ihrer mit schlagenden Gegengründen bewaffneten Widersacher elend dahin.

Ich habe schon in dem ersten Abschnitte die Unmöglichkeit dargethan, dass die Augapfelmuskeln in irgend welchem directen Bezuge zu der Accommodation stehen, indem die Resultirende ihrer auf den Augapfel wirkenden Kräfte jeden Moment wechselt. Ich lasse daher alle auf der Wirkung der Augenmuskeln und Veränderung der Cornealkrümmung beruhenden Hypothesen ausser Acht, und dieses um so mehr, als directe Messungen der Hornhautkrümmung unter verschiedenen Accommodationszuständen des Auges einen Wechsel als nicht stattfindend nachgewiesen haben.

Es kann demnach die Accommodation nur in Organen begründet sein, welche innerhalb der Bulbushöhle selbst gelagert sind, und unter diesen können wieder nur die Iris und das sogenannte Ciliarligament, als die einzigen muskulösen Organe von Bedeutung bezüglich der Accommodationsthätigkeit sein, und sie müssen um so mehr als die Vermittler des Wechsels in dem dioptrischen Apparate betrachtet werden, als die Thätigkeit der Iris bei den verschiedenen Thiergattungen in geradem Verhältnisse zu dem Grade der Accommodationsfähigkeit ihrer Augen steht.

Dieses zugegeben, frägt es sich, was denn eigentlich das Resultat ihrer Activität bezüglich der Accommodation selbst sein könne. Eine Verkürzung der Brennweite des dioptrischen Apparates durch Veränderungen der in dem Augapfel selbst eingeschlossenen Theile desselben kann nur durch Vermehrung der Convexitäten oder aber durch Vorrückung der Linse gegeben sein. Da nun theils durch directe Untersuchungen, theils aber auch durch den factischen Mangel aller Reflexionen an der Vorderfläche der Linse es dargethan ist, dass das Kammerwasser und die äusseren Schichten der Linse gleiche Brechungsexponenten haben, so ist leicht ersichtlich, dass eine Veränderung in der Krümmung der Linsenoberfläche eigentlich gar keinen Einfluss auf die Focaldistanz des Auges haben könne. Es bleibt also nur die Vorrückung der Linse als die einzig mögliche passive Ursache der Accommodationsveränderungen. Es kommt nun darauf an, zu ergründen, wie die Thätigkeit der Iris und des Ciliarligamentes dieses Vorrücken der Linse bewerkstelligen könne.

Man hat neuerer Zeit behauptet, dass der, mit einem Theile seiner Fasern an der inneren Wand des Schlemm'schen Canals und am Rande der Descemet'schen Haut sich ansetzende Ciliarmuskel durch seine Contraction die Choroidea anspannen, und so das von ihr umschlossene Rotationsellipsoid in ein Rotationssphäroid umzustalten fähig sei, wodurch, indem das letztere bei gleicher Peripherie ein geringeres Cubikmass enthält, der Glaskörper eingeengt, und so die Linse nach vorne geschoben werden müsse.

Bei der grössten Hochachtung, die ich vor den tiefen Kenntnissen hege, welche die Aufstellung dieser Hypothese beurkundet, kann ich doch nicht umhin, einen bescheidenen Zweifel gegen die Richtigkeit derselben zu äussern.

Man kann nämlich sagen, die Augapfelhöhle sei durch die *Zonula Zinnii* und die damit verbundene Linsenkapsel in eine vordere, durch Kammerwasser und die Iris sammt den Strahlenfortsätzen angefüllte Hälfte getheilt, und in eine innere Hälfte, welche den Glaskörper und die Linse etc. birgt. Bedenkt man nun die Spannung, in welcher sich die Augenwände befinden und sofort den Druck, unter welchem sich die in der Bulbushöhle enthaltenen Organe durch ihre Anhäufung in der engen Kapsel befinden, so wird es ganz unbegreiflich, wie eine Verringerung des Kubikinhaltes des von der Choroidea umschlossenen Raumes den Krystallkörper vorzurücken im Stande sei, indem ja eben die vordere Hälfte der Bulbushöhle durch wässerige Feuchtigkeit und den Vordertheil der Uvea vollkommen ausgefüllt ist, an ein Nachgeben dieser Theile nach vorne und sofort an ein Ausweichen nicht zu denken ist, es wäre denn, dass die Kraft, mit der die Raumverengerung der Choroidalhöhle eingeleitet wird, eine so bedeutende ist, dass sie den Druck, unter welchem sich die inneren Organe des Bulbus befinden, zu überwinden im Stande sei. Berücksichtigt man die Zartheit der Aderhaut, die doch die ganze Grösse dieser Kraft aushalten müsste, indem sie ja eben das Mittel

abgibt, durch welche diese Verschiebung zu Stande kömmt, so kann man bei aller Anerkennung der Genialität dieser Hypothese derselben keinen Glauben schenken.

Seit Jahren mit physiologischen Untersuchungen des Gesichtsorgans beschäftigt, habe ich das Kapitel von der Accommodation des Auges mit besonderer Vorliebe cultivirt, und bereits vor zwei Jahren die Resultate dieser meiner Untersuchungen in der Zeitschrift der k. k. Gesellschaft der Wiener Ärzte niedergelegt. Ohne Namen, wie ich bin, konnte die dort entwickelte Theorie der Accommodation unter den Physiologen und Physikern keine Aufmerksamkeit erwecken, die meisten Männer meines Faches aber sind der physikalischen Richtung der neueren Medicin zu fremd, als dass sie selbst bei aller möglichen Willfährigkeit dem Thema Geschmack abgewinnen könnten. So geschah es denn, dass meine mühsame Arbeit unbeachtet blieb. Fortgesetzte Untersuchungen haben mich von der Richtigkeit meiner dort aufgestellten und mit theils physiologischen theils pathologischen Gründen belegten Theorie vollkommen überzeugt, und ich glaube gerade in den Erscheinungen der doppelten Brechung einen neuen Beweis für das Thatsächliche des von mir geschilderten Vorganges bei der Accommodation des Auges beibringen zu können. Ich verweise bezüglich der näheren Details und der näheren Begründung meiner Ansicht auf das eben bezeichnete Journal, und beschränke mich hier auf eine ganz kurze Skizzirung meiner Lehre.

Das Ciliarligament, durch Brücke als Muskel erkannt, entspringt mit einem unregelmässig begrenzten Rande an der äusseren Fläche des vorderen Theiles der Choroidea. Seine Muskelfasern ziehen sämmtlich in der Richtung von Radien von hinten und aussen nach vorne und innen, und stellen, indem sie in ihrem Verlaufe nach vorne an Zahl zunehmen, einen im senkrechten Durchschnitte keilförmigen Kranz dar, der, der inneren Fläche der Sclera anliegend, und den Strahlenfortsätzen unmittelbar aufliegend, nach vorne convex, nach hinten aber concav ist. Die äussersten, der Sclera anliegenden Fasern setzen sich theils an der Innenwand des Schlemm'schen Canals, theils aber an der Peripherie der Descemet'schen Haut an. Die Hauptmasse der Muskelfasern aber setzt sich unmittelbar in das Zellgewebsstroma der Iris fort, und die im Bereiche des Ciliarligamentes cylindrischen Faserbündel zerfahren, in der Iris angelangt, baumförmig in eine Menge von Zweigen, welche sämmtlich bogenförmig verlaufen und so an einer andern Stelle des Irisrandes wieder in das Parenchym des Ciliarmuskels zurückkehren, um sich abermals an der Choroidea festzusetzen. So entsteht in dem Parenchyme der Iris ein dichtes Fasernetz, welches sämmtlich aus Muskelfasern besteht, die, dem Ciliarligamente und der Iris gleichmässig angehörend, Ansatz und Ursprung an der Aussenfläche der Choroidea haben, und durch ihre Zusammenziehung nothwendig den Vordertheil der Choroidea nach innen spannen, die Pupille aber erweitern müssen.

Als Antagonist dieses Muskelgewebes wirkt ein den Pupillarrand umkreisender Schliessmuskel, welcher aus in sich selbst zurücklaufenden Kreismuskelfasern construirt ist.

Die Iris steht in dem Auge nicht flach, in einer Ebene, sondern kuppelförmig nach vorne gebaucht, und diese Vorbauchung ist bedingt durch die die Iris stützende und über das Niveau des Hornhautrandes hervorragende Linse, auf welcher der Pupillartheil der Iris unmittelbar aufliegt, wie ich durch theils physiologische, theils pathologisch-anatomische Gründe dargethan habe.

Herrn Professor Stampfer's Messungen haben meine Ansicht bewährt und nachgewiesen, dass der Randtheil der Iris eine bedeutende Krümmung zeige, wenn auch der Pupillartheil etwas flacher ist, was bei der geringen Convexität der die Vorwölbung der Iris bedingenden Vorderfläche der Linse sehr natürlich ist. Ich füge zum Schlusse nur noch bei, dass, wie ich später zeigen werde, die Accommodation des Auges für die Nähe mit einer Abflachung dieses Irisbogens verbunden sei und dass Augen, welche zur Untersuchung dieser Verhältnisse aus sehr grosser Nähe betrachtet werden, sich stets für kurze Distanzen einstellen, in myopischen Augen aber die Abflachung der Iris eine mit der Kurzsichtigkeit in ursächlichem Verbande stehende Erscheinung sei, dass man daher, um die Convexität der Iris sehr eclatant

zu sehen, Augen untersuchen muss, die das Vermögen, sich für kurze Distanzen zu accommodiren, verloren haben, oder aber es noch gar nicht besitzen, also die Augen neugeborner Kinder und die Augen der Greise. In diesen, für weite Fernen eingestellten Augen ist die Krümmung der Iris nach vorne, wie sie dem Ruhezustande des Accommodations-Apparates entspricht, eine sehr deutliche, und bedingt eben die Enge der Vorderkammer, welche man für eine Folge einer Abflachung der Cornea gehalten hat, während man die Grösse der Vorderkammer in myopischen Augen, in welchen eben die Iris mehr abgeflacht ist, in einer Vermehrung der Convexität der Cornea begründet geglaubt hat, was, wie ich dargethan habe und Stampfer's Messungen direct beweisen, ganz falsch ist.

Die Hauptmasse des Ciliarmuskels, so wie die Längsfasern der Iris stellen also einen einzigen, kuppelförmig nach vorne gewölbten und in seinem Zenith durchlöcherten Muskel vor, den Accommodationsmuskel, der seinen peripheren Fixationspunkt in der Aderhaut, den centralen Fixpunkt aber in dem selbstthätig wirkenden Schliessmuskel der Pupille hat. Überwiegende Kraftäusserungen des letztern müssen die Pupille verengen, vorwaltender Contractionsnisus des Accommodationsmuskels aber erweitern und zwar in eben dem Masse, als die Spannung des einen Muskels jene des andern überwiegt. Diese Vertheilung der Muskelfasern hat aber noch eine andere Wirkung. Jeder in einen Bogen gekrümmte Muskel hat nämlich bei seiner Contraction das Bestreben, seine Endpunkte einander zu nähern, zweitens aber auch durch Verwandlung des von ihm beschriebenen Bogens in die Sehne seine Länge zu verkürzen. Er übt also nicht nur einen Zug auf die beiden Endpunkte aus, sondern auch einen Druck senkrecht auf seinen Verlauf auf die in seiner Concavität gelegenen Theile. Dieser Druck wird um so grösser sein, je stärker der Contractionsnisus des Muskels, und je grösser der Widerstand ist, den die beiden Endpunkte ihrer gegenseitigen Annäherung entgegensetzen.

Wenden wir dieses auf den Accommodationsmuskel an, so wird auch hier der senkrecht auf seinen Verlauf ausgeübte Druck um so bedeutender werden, je stärker die Spannung des Muskels ist, je mehr der Sphincter der Pupille contrahirt ist, und je grösseren Widerstand die Aderhaut ihrer Ausdehnung entgegensetzt. Da nun die äusserste Lage der Muskelfasern des Ciliarmuskels zwischen Aderhaut, zwischen dem unverrückbaren Rande der Descemeti und der Sclera ausgespannt ist, und sich gewiss gleichmässig mit der Hauptmasse des Ciliarmuskels zusammenzieht, so ist ersichtlich, dass die Spannung der Aderhaut und sofort die Fixation des peripheren Ansatzes des Accommodationsmuskels in eben dem Grade wachsen muss, als sich dieser Muskel contrahirt. Man kann also sagen, die senkrecht auf den Verlauf des Accommodationsmuskels ausgeübte Druckkraft ist um so grösser, je intensiver die Contraction dieses Muskels und jene des Schliessmuskels der Pupille ist. Dieser Druck trifft nothwendig die, gleich einer Pelote in der Concavität des Accommodationsmuskels gelegenen Ciliarfortsätze, denen er das Bestreben, nach hinten auszuweichen, mittheilen muss. Diese nun drücken auf die in dem Petit'schen Canale enthaltene Feuchtigkeit, welche allenfällige Ungleichmässigkeiten in der auf einzelne Abschnitte des Strahlenkörpers wirkenden Druckkraft ausgleicht, und dieselbe ringsum gleichmässig vertheilt.

Der Petit'sche Canal ist in einem senkrechten Durchschnitte nahebei dreieckig, die äussere obere Fläche desselben empfängt den Druck mittelbar durch die Strahlenfortsätze und das den Canal erfüllende Wasser theilt ihn einerseits der oberen inneren Wand und sofort der Peripherie der hinteren Linsenfläche mit, selbe nach vorne treibend, anderseits aber trifft der grösste Theil der Kraft die breite Hinterwand des Petit'schen Canals und sofort den seitlichen Umfang des Vordertheils des Glaskörpers. Ist dieser Druck nun stärker als die Kraft ist, mit welcher der Glaskörper seine natürliche Form zu behaupten im Stande ist, so wird die hintere Wand des Petit'schen Canals mit den ihr anliegenden Partien des Glaskörpers nach hinten ausweichen müssen. Dieses ist bei der geringen Zusammendrückbarkeit des Glasfluidums aber nur möglich, wenn in eben dem Masse, als diese seitlichen Partien nach hinten rücken, die mittleren, hinter der tellerförmigen Grube

gelegenen Partien nach vorne treten. Dass dadurch die Linse selbst vorgeschoben wird, ist leicht einzusehen. Dieses Vorrücken der Linse kann in der die Vorderkammer füllenden wässerigen Feuchtigkeit kein Hinderniss treffen, denn durch die Abflachung des von der Iris gebildeten Bogens ist ja eben der seitliche Raum der Vorderkammer vergrössert worden und ein Vorrücken der mittleren Theile, d. i. der Linse, ist schon aus diesem Grunde allein nothwendig, indem sonst ein Vacuum in der ringsumschlossenen Vorderkammer entstehen müsste.

Bedenkt man die ungemeine Elasticität des Glaskörpers und seine grosse Nachgiebigkeit gegen jeden, nur auf einen Theil seines Umfanges wirkenden Druck, und vergleicht man diese mit der Grösse der Kraft, welche möglicher Weise von der Summe aller den Accommodationsmuskel zusammensetzenden Fasern auf die Strahlenfortsätze ausgeübt werden kann, so wird ein Vorrücken der Linse unter solchen Umständen als ungemein leicht ausführbar erscheinen, und dieses um so mehr, als eben durch Vergrösserung der Vorderkammer bei Abflachung des Irisbogens ein Moment zum Vorrücken der Linse gegeben wird. Sobald der Druck von Seite des Accommodationsmuskels aufhört, und sofort die Elasticität des Glaskörpers wieder in ihre Rechte tritt, schnellt letzterer in seine natürliche Form zurück, seine Seitentheile treten nach vorwärts und mit ihnen die Strahlenfortsätze, die Iris baucht sich nach vorne, während die mittleren Theile des Glaskörpers zurücksinken, und die Linse um so leichter mit sich ziehen, als eben durch Verengerung der Peripherie der Vorderkammer der *Humor aqueus* das Linsencentrum nach hinten rücken muss.

Unter diesen Umständen kann also der absolute Druck, unter welchem sich die Contenta des Bulbus befinden, ein ganz gleichmässiger bleiben, und doch eine Accommodationsbewegung statt finden, indem im Innern des Auges wirkende Kräfte auftreten, die sich durch einfache Verschiebung der Theilchen in das Gleichgewicht setzen.

Die Einfachheit der ganzen Erklärungsweise spricht gewiss ungemein für die Richtigkeit dieser meiner Lehre, und ich halte mich um so mehr davon überzeugt, als sie ganz auf den eigenthümlichen Organisationsverhältnissen des Auges beruht und nachweist, dass jedes einzelne der bei der Accommodation concurrirenden Organe so und nicht anders beschaffen sein könne, soll es seinem Zwecke entsprechen. Die Strahlenfortsätze müssen keulenförmig gebaut sein, sollen sie als Peloten drücken, die Flüssigkeit des Petit'schen Canals ist der Regulator und die Elasticität des Glaskörpers die Bedingung der Anpassung für die Ferne. Es ist natürlich, dass das Accommodationsvermögen mit der Unfähigkeit des Accommodationsmuskels, sich in die Sehne seines Bogens zu verkürzen aufgehoben werden muss. Dieses bestätigt nun auch die Erfahrung. Anheftungen der Iris an die Cornea, Lähmungen des Muskels durch Nervenleiden, Entzündung, Exsudatablagerungen haben constant den Verlust des Accommodationsvermögens zur Folge. Der positive Beweis für die Richtigkeit meiner Behauptung liegt aber in der Weite der Vorderkammerperipherie bei Accommodationsanstrengungen des Auges für die Nähe, welche Vergrösserung der Vorderkammer ja eben der Abdruck ist für die die Accommodation bedingende Abflachung des Irisbogens.

Ich habe alle diese Gründe weitläufig in meinem oben citirten Aufsatze aus einander gesetzt, und kann mich hier nicht tiefer einlassen, sondern muss auf das dort Gesagte verweisen.

Es erklärt sich nun aus dem über die Accommodation des Auges Gesagten sehr leicht die doppelte Brechung im Glaskörper, sie ist eine Folge des den Glaskörper von Seite des Accommodationsmuskels treffenden Druckes, es erklärt sich die zunehmende Entfernung der Nebenbilder von dem Hauptbilde je nach der Grösse der Intention des Auges für die Nähe, indem unter diesen Umständen nicht nur der Einfallswinkel der Strahlen in den Glaskörper zunehmen, sondern auch durch den Druck selbst der Brechungsexponent des aussergewöhnlichen Strahles zugenommen haben, und durch die vermehrte Vorrückung der Linse die Dicke des Glaskörpers eine bedeutendere geworden sein muss. Es erklärt sich das Auftreten der Mehrsichtigkeit nach intensiven Anstrengungen des Accommodationsmuskels und sofortiger Ausübung eines relativ starken, andauernden Druckes auf den Glaskörper, es sei nun diese Contraction des Muskels eine willkürliche oder

unwillkürliche, wie sie bei Lichtscheu, sympathisch bei krampfhaften Contractionen einzelner, vom dritten Nervenpaare versorgter Muskeln (Strabismus) vorkommt. Es erklärt sich die Pleiopie in Augen, die durch Leucome, Geschwüre, Facetten der Cornea, durch Formfehler der Pupille, durch theilweise Trübungen oder Verlust der Linse des Vermögens, scharf und deutlich zu sehen, beraubt sind, denn es ist ja bekannt, dass solche Augen durch willkürliche Intentionen aller Augen- und selbst der Gesichtsmuskeln das zu ersetzen streben, was zu leisten ihnen durch ihre Erkrankung nicht vergönnt ist, diese Anstrengungen mögen zweckdienlich sein oder nicht. Was diese Krankheiten also direct nicht bewirken können, d. h. die doppelte Brechung im Glaskörper, das führen sie mittelbar herbei, indem sie den Kranken zu stetigen Muskelanstrengungen des Auges einladen, um sein Sehvermögen zu verbessern; dass mit den Contractionen des Accommodationsmuskels aber der Glaskörper gedrückt wird, und so doppelt brechend werden kann, ist aus dem Obigen klar.

Auch das Schwanken der Nebenbilder nach heftigen Anstrengungen des Auges und bei willkürlichen Intentionen desselben für die Nähe erscheint nach dem Erörterten als eine nothwendige Folge des ganzen Accommodationsvorganges, anderseits aber ist es ganz geeignet, die Abhängigkeit der Accommodation von der Thätigkeit der Muskelfasern zu beweisen, welche dem Ciliarligamente und der Iris gleichmässig angehören, und welche in Verbindung mit dem Schliessmuskel der Pupille als der active Theil des Accommodationsapparates bezeichnet wurden. Die Annäherung und Entfernung des Nebenbildes von dem Hauptbilde befolgt nämlich einen gewissen Rhythmus, der den Bewegungen des Pupillarrandes sehr analog ist. Beobachtet man ein Auge, welches für grosse Nähe stark intendirt wird, so findet man eine abwechselnde Verkleinerung und Erweiterung der Pupille, welche doch offenbar nur die Ursache eines schwankenden Gleichgewichtes zwischen der absoluten Spannungskraft des Sphincter und des Accommodationsmuskels sein kann, und mit dem Zittern anderer Glieder, wie es nach andauernden und kräftigen Intentionen der betreffenden Muskeln vorkommt, grosse Ähnlichkeit hat. Bedenkt man, dass das Schwanken der Nebenbilder eben nur nach grossen Anstrengungen des Accommodationsapparates vorkommt, bedenkt man, dass man es willkürlich in dem derart angestrengten Auge hervorrufen kann dadurch, dass man den ohnehin starken, fast übermässigen Spannungsgrad der Muskeln noch vermehrt, so ist leicht einzusehen, dass ein solcher Contractionszustand nur äusserst schwierig für die Dauer festzuhalten ist, es müssen sich Oscillationen in dem antagonistischen Wirken des Schliessungsmuskels und der Längsfasern der Iris einstellen und mit diesen Oscillationen muss auch der Durchmesser der Pupille und die Grösse des auf die Seitentheile des Glaskörpers ausgeübten Druckes innerhalb gewisser Grenzen wechseln, demnach die Linse selbst in eine oscillirende Bewegung von vorn nach rückwärts versetzt werden. Dass aber mit diesen Bewegungen der Linse der Vereinigungspunkt der Strahlen in dem Glaskörper nach vorn und rückwärts schwanken muss, und folgerecht auch die Einfallswinkel der Strahlen in das *Corpus vitreum* grösser und kleiner werden, ist eine ausgemachte Sache. In dem Masse aber, als die Einfallswinkel der Lichtstrahlen in den Glaskörper wachsen und verringert werden, muss auch die Differenz zwischen dem Brechungswinkel der gewöhnlichen und aussergewöhnlichen Strahlen steigen und fallen und somit der Abstand des Nebenbildes wechseln.

Umgekehrt beweist aber wieder das Schwanken der Nebenbilder eine Veränderung des Einfallswinkels der Strahlen in den Glaskörper, somit eine stärkere Brechung der Strahlen in den vor dem Glaskörper gelegenen Augenmedien, d. i. ein Schwanken in der Accommodationsweite, welches Schwanken, da es mit den Oscillationen der Pupille einen ganz gleichen Rhythmus nachweist, wieder nur von dem Spiele und dem relativen Spannungsgrade des Sphincter und des Accommodationsmuskels abhängig sein kann; der Sitz des activen Theiles der Anpassungsfähigkeit des Auges für verschiedene Fernen kann also nur in den Muskeln der Iris und des Ciliarligamentes liegen, und meine Theorie hat einen neuen Anhaltspunkt in den Erscheinungen der doppelten Brechung des Glaskörpers gefunden.
